

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет Мікро- та наносистемної техніки  
Кафедра Фізичної та біомедичної електроніки

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри ФАЕТ  
\_\_\_\_\_ В.М. Шутко  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023р.

# ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ « \_\_\_\_\_ »

за спеціальністю: 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

освітньо-професійної програми «Фізична та біомедична електроніка»

Тема: «Система контролю за якістю води з використанням електронних датчиків»

Виконавець: студент СТН-305 групи Сахно Д.Р.

Керівник: доцент \_\_\_\_\_ Шутко. В. М. \_\_\_\_\_

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ доцент Сініцин. Ю. Б

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет Фізичної та біомедичної електроніки  
: 153 «Мікро- та наносистемна техніка»  
освітньо-професійної програми «Фізична та біомедична електроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ФАЕТ

\_\_\_\_\_ (Шутко. М. В)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

Сахна Дмитра Романовича

1. Тема дипломної роботи (проекту): **«Система контролю за якістю води з використанням електронних датчиків»**.  
затверджена наказом ректора від «1» лютого 2023 р.
2. Термін виконання роботи (проекту): з 16.09.2022 по 07.02.2023.
3. Вихідні дані до роботи (проекту): види датчиків, параметри вимірювання, область застосування.
4. Зміст пояснювальної записки: Розділ 1. Огляд літературних джерел. Розділ 2. Об'єкти та методи досліджень. Розділ 3. Експериментальна частина. Розділ 4. Охорона праці. Розділ 5. Охорона навколишнього середовища. Висновки. Список використаної літератури.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: схема системи контролю, зовнішній вигляд датчиків, отримання і обробка результатів.
6. Календарний план-графік

| № пор. | Завдання   | Термін виконання        | Відмітка про виконання |
|--------|--|-------------------------|------------------------|
| 1.     | Одержання теми дипломної роботи. Ознайомлення з науковою літературою | 16.09.2022-02.10.2022р. |                        |
| 2.     | Робота над літературним оглядом                                      | 10.10.2022-31.10.2022р. |                        |
| 3.     | Оформлення розділу: «Охорона навколишнього середовища»               | 02.11.2022-23.11.2022р. |                        |
| 4.     | Оформлення розділу: «Охорона праці»                                  | 24.11.2022-12.12.2022р. |                        |
| 5.     | Підготовка та підбір програмного забезпечення для написання методики | 15.12.2022-27.12.2022р. |                        |
| 6.     | Написання методики, оформлення експериментальної частини і висновків | 01.01.2023-15.01.2023р. |                        |
| 7.     | Остаточне оформлення дипломної роботи. Оформлення презентації        | 16.01.2023-28.01.2023р. |                        |
| 8.     | Підготовка виступу для захисту дипломної роботи                      | 30.01.2023-06.02.2023р. |                        |

7. Дата видачі завдання: “16“ вересня 2022 р.

Керівник дипломної роботи (проекту) \_\_\_\_\_ Шутко В. М.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Сахно Д.Р.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «**Система контролю за якістю води з використанням електронних датчиків**» містить: 71 сторінка, 23 рисунка, 21 таблиця, 2 графіка, 16 використаних джерела.

**Актуальність теми** полягає через проблему забруднення води, вплив на здоров'я та екологічну стійкість, технологічний прогрес і законодавчі вимоги. Використання електронних датчиків дозволяє моніторити воду в реальному часі, забезпечувати безпечну питну воду і зберігати водні екосистеми.

**Мета роботи** – розробка системи контролю за якістю води.

**Об'єкт дослідження** є вода, зокрема питна вода, що підлягає контролю за якістю. Дослідження можуть включати аналіз різних джерел питної води, водопровідних систем, а також якість води в упакованій та пляшкочій формі.

**Предмет дослідження** – система контролю за якістю води.

**Мета дипломної роботи** – розробити систему контролю за якістю води з використанням електронних датчиків.

Дослідження базуються на основі класичної теорії пов'язаних з подією потенціалів.

Основою даної роботи є створення системи контролю за якістю води. Робота включає в себе аналіз сучасних систем контролю за якістю води, огляд сучасних методів контролю, огляд різних видів датчиків та побудову систем контролю за якістю води.

Матеріали даної дипломної роботи можуть бути використані для проведення наукових досліджень, у навчальному процесі, а також з можливістю використання в практичній діяльності процесів системи контролю за якістю води.

Ключові слова: МІКРОКОНТРОЛЕР, ЕЛЕКТРОНІКА, ARDUINO, ДАТЧИК, ЯКІСТЬ ВОДИ.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ         |    |
| I ТЕРМІНІВ.....   | 8  |
| ВСТУП.....  | 10 |
| 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....                                | 12 |
| 1.1 Водні ресурси.....  | 12 |
| 1.1.1 Вода у житті людини.....                                  | 12 |
| 1.1.2 Загальна характеристика водних ресурсів світу.....        | 14 |
| 1.1.3 Забруднення води.....                                     | 18 |
| 1.2 Показники якості та параметри води.....                     | 21 |
| 2 СИСТЕМА.....  | 26 |
| 2.1 Постановка задачі.....                                      | 26 |
| 2.2 Огляд існуючих рішень.....                                  | 26 |
| 2.3 Розробка системи.....                                       | 29 |
| 2.3.1 Концепція та MindMap.....                                 | 29 |
| 2.3.2 Переваги і недоліки.....                                  | 31 |
| 2.3.3 Економічна складова.....                                  | 31 |
| 2.3.4 Сфери застосування.....                                   | 32 |
| 3 СИСТЕМНИЙ ПРИСТРІЙ.....                                       | 33 |
| 3.1 Теоретичні відомості та підбір елементів.....               | 33 |
| 3.1.1 Платформа Arduino.....                                    | 33 |
| 3.1.2 Середовище розробки програмного забезпечення Arduino..... | 36 |
| 3.1.3 Вибір мікроконтролера Arduino та його характеристики..... | 38 |
| 3.1.4 Датчики вимірювання.....                                  | 44 |
| 3.1.5 Передача даних.....                                       | 51 |
| 3.2 Алгоритм роботи пристрою.....                               | 57 |
| 3.3 Прошивка для мікроконтролера.....                           | 58 |
| 3.4 Розробка схем і збирання пристрою.....                      | 59 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 3.5 Інструкція по застосуванню..... | 63 |
| 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РІДИН..... | 64 |
| ВИСНОВКИ.....                       | 68 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....       | 70 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНІ ТЕРМІНІВ

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

pH – міра кислотності водних розчинів (лат. Ponus Hydrogenii – «вагаводню»)

GSM – Глобальний стандарт цифрового мобільного сотового зв'язку(англ. Global System for Mobile Communications)

IDE – інтегроване середовище розробки (англ. Integrated development environment)

LED – світлодіод (англ. Light-emitting diode)

EEPROM – постійний запам'ятовувальний пристрій, що програмується та очищується за допомогою електрики (англ. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)

Pin – контакт в електроніці для з'єднання двох елементів схеми

UART – універсальний асинхронний приймач/передавач (англ. Universal asynchronous receiver/transmitter)

SIM – модуль ідентифікації абоненту (англ. Subscriber Identification Module)

AT – початок виклику строк команд модема (англ. Attention – «увага»)

RX – канал отримання даних (англ. Recieve)

TX – канал відправлення даних (англ. Trancieve)

Vin – pin на платі відповідальний за живлення (англ. Voltage input)

GND – вузол в електроніці, потенціал якого умовно приймається за нуль (англ. Ground)

ANT – модуль, призначений для випромінювання або прийому

радіохвиль (англ. Antenna)



DC – постійний струм (англ. Direct current)

USB – послідовний інтерфейс для підключення периферійних пристроїв до обчислювальної техніки (англ. Universal Serial Bus – універсальна послідовна шина)

COM – послідовний порт комп'ютера, використовується для передачі даних згідно з протоколом RS-232 (англ. Communication port)

SMS – технологія прийому та передачі коротких текстових повідомлень за допомогою сотового телефону (англ. Short Message Service — «служба коротких повідомлень»)

## ВСТУП

Вода - найцінніший ресурс на планеті, необхідний для підтримання життя всіх живих організмів, включно з людиною. В умовах зростаючого забруднення та зміни клімату забезпечення безпеки та якості питної води стає дедалі складнішим завданням. Однак технологічний прогрес дає можливість створювати системи моніторингу якості води за допомогою електронних датчиків, які можуть надійно визначати рівень забруднення та своєчасно реагувати на можливі проблеми.

Метою даного дипломного проекту є розробка та впровадження системи моніторингу якості води з використанням електронних датчиків. Система покликана забезпечити безперервний моніторинг та оцінку якості води в режимі реального часу, надавати своєчасну інформацію про рівні забруднення та вживати необхідних заходів для підтримання безпеки питної води.

У дослідженні використовуються найсучасніші електронні датчики, здатні вимірювати різні параметри якості води, такі як рН, температура та вміст розчинених речовин. Зібрані дані передаються через бездротову мережу до центральної системи збору та аналізу даних, де вони обробляються та візуалізуються для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Результати цього дослідження та розробка систем моніторингу якості води можуть мати важливий вплив на безпеку питної води та збереження водних екосистем. Використання електронних датчиків дозволить здійснювати безперервний моніторинг та швидко реагувати на можливі проблеми, що сприятиме зниженню ризиків для здоров'я населення та захисту навколишнього середовища.

Ось деякі аспекти, які підкреслюють актуальність цієї теми:

1. Забруднення води. Проблема забруднення води є серйозною глобальною проблемою. Негативні соціальні наслідки людської діяльності, промисловості та сільського господарства забруднюють

водні джерела. Системи управління якістю води необхідні для постійного моніторингу, виявлення та вжиття заходів для усунення забруднення.

2. Охорона здоров'я. Якість питної води має безпосередній вплив на здоров'я людини. Погана якість води може призвести до поширення таких захворювань, як хвороби, що передаються через воду. Встановлення системи моніторингу якості води може допомогти забезпечити споживачів безпечною та чистою водою.
3. Екологічна стійкість: водні екосистеми та природні водні ресурси мають важливе значення для підтримки біорізноманіття та екологічного балансу. Системи моніторингу якості води дозволяють своєчасно виявляти забруднення та вживати заходів для захисту водних екосистем від негативного впливу людської діяльності.
4. Технологічний прогрес Технологічні розробки, такі як новітні електронні датчики, дозволяють створювати більш ефективні та точні системи моніторингу якості води. Інтернет речей (IoT) та технології бездротового зв'язку дозволяють збирати дані в режимі реального часу та здійснювати віддалений моніторинг.
5. Законодавчі та нормативні вимоги У багатьох країнах діють закони та нормативні акти, що регулюють якість питної води та інших водних ресурсів. Системи моніторингу якості води з використанням електронних датчиків можуть допомогти задовольнити ці вимоги та забезпечити дотримання стандартів якості води.

Усе це свідчить про те, що розробка та впровадження систем моніторингу якості води на основі електронних датчиків є надзвичайно важливим і має великий потенціал для поліпшення якості води, захисту довкілля та підтримки здоров'я населення.

## 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Водні ресурси

Водні ресурси - це вода на Землі, придатна для використання. До них належать річки, озера, океани, підземні води, водосховища, гірський і полярний льодовиковий лід тощо. Водні ресурси - вся вода в гідросфері.

#### 1.1.1 Вода у житті людини

Вода необхідна для зародження, існування і розвитку життя, і всі процеси в біоті (природній сукупності живих організмів) залежать від води. Водні ресурси також критично важливі для цивілізації, оскільки системи, що гарантують життя людини, засновані на технологіях, які використовують воду. Як би ви не називали сучасне суспільство - постіндустріальним, інформаційним чи постмодерністським - його життєзабезпечення залежить від виробництва продуктів харчування, яке, як і саме життя людини, неможливе без води.

Вода - найважливіший природний ресурс для людської економіки. За обсягом щорічного використання вона значно перевищує масу всіх інших видобутих ресурсів разом узятих [1]. У процесі споживання ресурсів людина щорічно переміщує близько 300 мільярдів тонн ґрунту та гірських порід. Тим часом наприкінці минулого століття з різних джерел щорічно забирали понад 4000 км<sup>3</sup> (4 - 1012 тонн) води, що на порядок більше за масу всіх інших природних ресурсів разом узятих (Helmer, 1997), і відтоді ця величина значно зросла. Проблема не обмежується тільки забором води з природних джерел; насправді людство використовує набагато більше води у своїй економічній

діяльності.

Рециклінг води (повторне використання та оборотне водопостачання) використовується в різних технологічних процесах і виробничих системах. Наприклад, у США в середньому один кубічний метр води використовується в промисловому секторі щонайменше 20 разів, а в Україні майже половина системи водопостачання в промисловому секторі заснована на оборотному водопостачанні [2]. У всьому світі повторне використання води становить не більше 10% від обсягу води, що щорічно забирається з природи.

Люди накопичують воду в штучних водоймах, таких як водосховища і ставки, які згодом використовують для різних цілей, включно з виробництвом енергії, зрошенням земель, річковим транспортом, рибальством і аквакультурою, а також рекреацією. У світі налічується понад 3 000 водосховищ з повним об'ємом води понад 0,1 км<sup>3</sup>, з яких приблизно 6 330 км<sup>3</sup> мають повний об'єм води понад 0,1 км<sup>3</sup>. Таким чином, реальне споживання води людством наприкінці минулого століття оцінювалося в 9000 км<sup>3</sup> на рік, що в 30 разів перевищує споживання всіх інших матеріалів і гірських порід, що переміщуються під час їх видобутку, разом узятих.

Людство також використовує водні об'єкти як системи транспортування та очищення відходів. Саме цей спосіб водокористування потребує найбільшої кількості води, але практично не враховується під час розрахунку водоспоживання, ймовірно, через методичні та інформаційні труднощі. З іншого боку, відомо, що світове скидання стічних вод становить близько 2000 км<sup>3</sup> на рік, і що для доведення якості природної води водозбору стоку до фонового рівня потрібне розбавлення в 10-50 разів з очищенням і в 100-1000 разів без очищення. Майже всі річки світу тією чи іншою мірою забруднені, як і деякі озера, замкнуті водойми, прибережні води та горизонти підземних вод. Саме ці види водокористування споживають найбільше води. Ба більше, утилізація та захоронення твердих відходів також сприяють

забрудненню води.

Вода є постійним джерелом забруднення води, оскільки вона є універсальним розчинником.

Більшість забруднювальних речовин, що викидаються з атмосфери й осідають на земній поверхні у вигляді сухих і вологих випадів, потрапляють у водойми або безпосередньо, або у вигляді стоків; за оцінками, зробленими Дж. Роддом у середині 1990-х років, забруднюється до 17 000 кубічних кілометрів води, що становить половину максимальної оцінки наявної кількості. Це половина максимальної оцінки наявного об'єму.

Водойми є середовищем існування промислової риби та інших водних організмів, що становлять важливу, а в деяких країнах і основну частину раціону харчування. За відсутності штучного зрошення сільське господарство також вважається споживачем води. Вся вода, що пропускається культурними рослинами, фактично витрачається на виробництво.

Вода виконує три найважливіші для людства функції. Виробництво продуктів харчування, енергії та промислової продукції, побутове водоспоживання і задоволення санітарних потреб (крім транспортних, рекреаційних, естетичних та інших функцій). Безпрецедентне зростання світової економіки в 20 столітті, демографічний вибух і, як наслідок, збільшення антропогенного навантаження на екосистеми і природні водойми призвели до дефіциту води в багатьох регіонах світу, що не дивно. Звісно, людство звикло до дефіциту води з моменту свого виникнення, але нинішні масштаби абсолютно безпрецедентні.

### 1.1.2 Загальна характеристика водних ресурсів світу

Хоча кількість води на планеті величезна, її доступність здебільшого обмежена природними чинниками, такими як

Екологічні чинники. Величезна кількість води в океанах є солоною, прісна вода в крижаних щитах недоступна і перебуває у твердій фазі через своє віддалене розташування, те ж саме стосується льоду і твердих порід на землі. Крім того, більша частина підземних вод мінералізована і знаходиться на великій глибині, а половина маси озерної води також солонна. Тому кількість прісної води, доступної для споживання, сильно обмежена (порівняно з потребами сучасної цивілізації).

Води Світового океану покривають дві третини поверхні Землі. Площа водних об'єктів (озер, річок, водосховищ і льодовиків) еквівалентна 15% поверхні суші. Площа інших водних об'єктів, за винятком льодовиків, становить лише 4% поверхні суші. (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Льодовик

Загальний обсяг води у водних об'єктах Землі становить близько 130 млн км<sup>3</sup>, при цьому на частку океанів припадає 96,4%. Льодовики містять найбільшу кількість води у водних об'єктах суші - 25,8 млн км<sup>3</sup> (1,86% від загального обсягу води Землі). На льодовики Гренландії, Антарктиди та Арктики припадає 9,7%, 89,8% і 0,3% відповідно. На гірські льодовики



припадає лише 0,2%.

Частина підземних вод (від поверхні до глибини 2 000 м) також класифікується як гідросфера, якщо вона бере участь у природному гідрологічному циклі. Оцінки її кількості варіюються від 23,4 млн км<sup>3</sup> до 60 млн км<sup>3</sup> і 86 млн км<sup>3</sup>.

Прісна вода має величезне значення і є найціннішим природним ресурсом для людства. Загалом на планеті налічується 36,7 млн км<sup>3</sup> (3,7% від загального обсягу) прісної води. На частку льодовиків припадає 26,1 млн км<sup>3</sup> (71% від загального обсягу прісної води на Землі). На річки, озера і водосховища припадає 26,1 млн км<sup>3</sup> (29% від загального обсягу прісної води на Землі), що еквівалентно приблизно 1% від загального обсягу води на Землі.

Прісноводні ресурси включають у себе постійно поновлювані водні ресурси та водні ресурси, які зберігаються протягом тривалого часу (Таблиця 1.1). Та частина об'єму води в озерах, льодовиках і підземних водах, що не коливається щороку, є давніми (статичними) прісноводними ресурсами (що поновлюються дуже повільно впродовж сотень або тисяч років). Їх не можна добувати з економічної необхідності без шкоди для цих водойм і пов'язаних із ними річок. Відновлюваний ресурс прісної води - це стік з континентів у Світовий океан (стік річок і підземних вод). Саме ці водні ресурси цінуються у водному балансі.

Північна Америка та Азія мають найстаріші (статичні) ресурси прісної води, Південна Америка та Африка - найменші, а Європа та Австралія - найменші.

Відновлювані водні ресурси розподілені по земній кулі нерівномірно. Найбільший річковий стік припадає на Азію (30% усіх річкових потоків планети), найменший - на Південну Америку (26%), Європу (7%) та Австралію й Океанію (5%). Південна Америка та острови Океанії мають найбільші водні ресурси на душу населення, тоді як Європа та Азія - найменші.

Серед країн світу найбільші водні ресурси у Бразилії - 9 230, росії - 4 270, США - 2 850 і Китаю - 2 600 км<sup>3</sup> на рік.

Таблиця 1.1 – Відновлення водних ресурсів

| Тривалість зміни маси  |                      |
|--|----------------------|
| Полярні льодовики, постійний сніговий покрив, підземні льоди | Близько 10 000 років |
| Світовий океан   | 2500 років           |
| Гірські льодовики  | 1600 років           |
| Підземні води (глибокі)                                      | 1400 років           |
| Озера у середньому   | 17 років             |
| Болота   | 5 років              |
| Волога в ґрунті  | 1 рік                |
| Вода в руслах річок  | 16 днів              |
| Вода в атмосфері   | 8 днів               |
| Біологічна вода (в живих організмах)                         | Кілька годин         |

На випаровування припадає близько 61% опадів, що випадають на сушу, інша частина стоку йде в океани. Відновлювані водні ресурси розуміють тільки як частину матеріального стоку, представленого річковим стоком (41,7 тис. км<sup>3</sup> на рік, 35% глобальних опадів). Тому для практичних цілей водні ресурси окремого регіону або країни розуміють тільки як середньорічний річковий стік.

Для природного оновлення води в руслі річки потрібно приблизно 20 днів. Нині поверхневі води забруднені та виснажені внаслідок діяльності людини.

Тому необхідно приділяти більше уваги її охороні.

### 1.1.3 Забруднення води

Використання води здебільшого призводить до її забруднення (Рисунок 1.2). Виробництво включає в себе проходження води через технічні системи та додавання у воду різних речовин. Фекальне забруднення водойм набуло широкого поширення з розвитком міст і мало місце вже 6 000 років тому.



Рисунок 1.2 – Забруднення вод

Активне забруднення органічними речовинами пов'язане з розвитком і поширенням сільського господарства, витoki якого датуються 500-1000 років тому; у 1900-х роках почалося антропогенне засолення (мінералізація) водойм; між 1910 і 1920 роками з'явилися метали; після 1930 року збільшилися органічні викиди; після 1940 року почалося евтрофування водойм; у 1950-х роках відмічене надходження радіоактивних речовин; після 1960 року почалося окислювання води; й особливо у XX столітті з'явилося багато нових видів забруднювальних речовин. Нині основною причиною дефіциту води є забір води з водойм.

Промислове забруднення приносить у природні води широкий спектр забруднювачів, від найнебезпечніших, таких як діоксини та радіонукліди, до практично нейтральних. Чим більше відновлюваних водних ресурсів використовується промисловістю країни, тим більше утворюється стічних вод.

Найбільшими джерелами забруднення природних вод в індустріально розвинених країнах є точкові джерела скидання стічних вод. Ці джерела продовжували збільшуватися з індустріалізацією, але лише у 20-му столітті, особливо у другій половині століття, були побудовані очисні споруди для стічних вод.

Надмірне споживання води з багатьох річок і підземних водосховищ призвело до зміни режиму водних об'єктів, включаючи трансформацію природних екосистем і зон поповнення підземних вод на водозборах, а також будівництво різних гідротехнічних споруд у межах водних об'єктів. У 1999 році Всесвітня комісія з водних ресурсів зазначила, що більше половини великих річок світу "серйозно виснажені та забруднені, що призводить до деградації та забруднення навколишніх екосистем і загрожує здоров'ю та життєдіяльності людей, які залежать від них".

Зміни величини і режиму річкових потоків та забруднення водою порушують життєві цикли водних організмів, скорочують популяції і призводять до вимирання видів. За останні два десятиліття близько 10 000 видів прісноводних риб скоротилися, почали скорочуватися або вже вимерли; 100 000 видів прісноводних хребетних і така ж кількість безхребетних, водоростей, бактерій і найпростіших, що живуть у донному мулі, навряд чи виживуть, але немає ніяких гарантій, що ці види зможуть вижити при рівні ґрунтових вод, їх хімічному складі, течіях та інших гідрологічних умовах. Біологи не сумніваються, що вони дуже чутливі до змін гідрологічних характеристик.

У багатьох випадках забруднення води залишається невидимим, оскільки забруднювачі розчинені у воді. До видимих забруднювачів належать піноутворюючі миючі засоби (рис. 1.3), неочищені стічні води та нафтопродукти, що плавають на поверхні води. До природних забруднювачів належать сполуки алюмінію, які містяться в ґрунті і потрапляють у прісні водойми в результаті хімічних реакцій. Сполуки магнію вимиваються з лугових ґрунтів під час повеней, завдаючи значної шкоди рибним запасам.

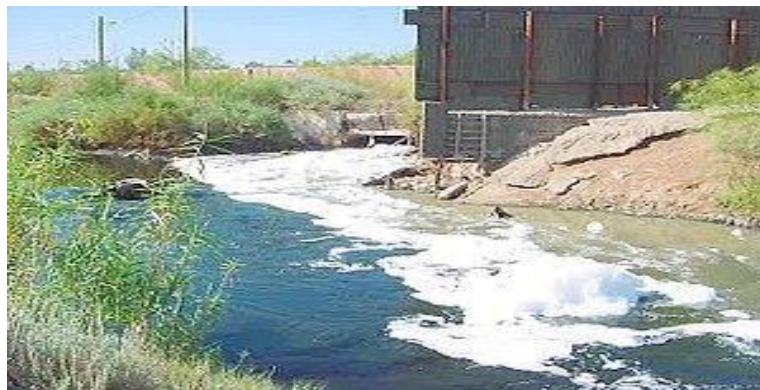


Рисунок 1.3 – Мильна піна по берегах річки Нью-Рівер (Каліфорнія)

Кількість забруднювачів у природі дуже мала порівняно з забруднювачами, які виробляє людина. Щороку у водойми скидаються тисячі хімічних речовин, у тому числі багато нових хімічних сполук, наслідки впливу яких непередбачувані. Зростає концентрація токсичних важких металів (кадмій, ртуть, свинець), пестицидів, нітратів, фосфатів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин, фармацевтичних препаратів і гормонів, які також можуть потрапляти у питну воду. Щорічно в моря та океани потрапляє до 12 мільйонів тонн нафти.

Кислотні дощі також сприяють підвищеному насиченню води важкими металами. Вони розчиняють мінерали в ґрунті і збільшують вміст іонів важких металів у воді. Радіоактивні відходи з атомних електростанцій також потрапляють у природний кругообіг води.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), 80% хвороб у світі спричинені поганою якістю води та антисанітарією. Проблема якості води в селах настільки велика, що близько 90% сільського населення світу страждає від нестачі води.

Близько 90 відсотків сільських жителів світу постійно використовують забруднену воду для купання і пиття.

Джерела забруднення можна розділити за наступними критеріями:

- Антропогенні та природні
- За локалізацією: точкові, лінійні або ареальні;
- Тривалість впливу забруднення: постійні, циклічні, періодичні;
- Способи перенесення забруднюючих речовин: відходи, стічні води (іригаційні та дренажні), фільтраційні та підземні води, поверхневий стік, атмосферні опади.

На забруднення можуть вказувати такі ознаки, як мертва риба, але існують і більш складні методи виявлення. Забруднення прісних вод вимірюється щонайменше 15 індикаторами, які відносять воду до одного з класів забруднення. Одним з показників є біохімічне споживання кисню (БСК). Це кількість розчиненого кисню, який організми споживають для аеробного розщеплення органічних речовин у воді з метою отримання біомаси для росту і розмноження. Цей показник характеризує стан забруднення водного об'єкта, а його основним індикатором є вміст органічних речовин та сполук амонію, який значною мірою визначає умови, необхідні для підтримання необхідної концентрації кисню в річці.

## 1.2 Показники якості та параметри води

Якість води - це сукупність хімічних, біологічних компонентів та фізичних характеристик, які визначають придатність води для споживання людиною (рис. 1.4).

Хімічні показники включають водневий показник рН, окислювальні властивості, сполуки азоту, сухий залишок, марганець, хлориди, сульфати, залізо, твердість, а також деякі забруднювачі та важкі метали. Фізичні показники води включають каламутність, колір, температуру, смак і запах.

Біологічні показники якості води включають біологічне споживання кисню (БСК); бактерії використовуються як окислювачі для вимірювання БСК. Забруднення води використовується як джерело їжі для бактерій. Кількість кисню, що споживається мікроорганізмами протягом усього циклу синтезу клітинного тіла та реакцій виробництва енергії, вимірюється як БСК.

| Показники                           | норматив<br>ДСанПІН<br>2.2.4-171-10 | один.<br>виміру              |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1                                   | 2                                   | 3                            |
| <b>Мікробіологічні</b>              |                                     |                              |
| Загальні коліформи                  | відсутні                            | КУО<br>в 100 см <sup>3</sup> |
| Загальне мікробне число             | < 100                               | КУО/см <sup>3</sup>          |
| E. coli                             | відсутні                            | КУО<br>в 100 см <sup>3</sup> |
| Ентерококи                          | відсутні                            | КУО<br>в 100 см <sup>3</sup> |
| <b>Органолептичні</b>               |                                     |                              |
| Запах при 20 <sup>0</sup> С         | < 2                                 | бали                         |
| Запах при 60 <sup>0</sup> С         | < 2                                 | бали                         |
| Забарвленість                       | < 20                                | градуси                      |
| Присмак                             | < 2                                 | бали                         |
| Каламутність                        | < 1,5                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| <b>Фізико-хімічні</b>               |                                     |                              |
| рН                                  | 6,5÷8,5                             | один. рН                     |
| Залізо загальне                     | < 0,2                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Жорсткість загальна                 | < 7,0                               | ммоль/<br>дм <sup>3</sup>    |
| Марганець                           | < 0,05                              | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Мідь                                | < 1,0                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Поліфосфати                         | < 3,5                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Сульфати                            | < 250,0                             | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Сухий залишок                       | < 1000                              | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Хлориди                             | < 250,0                             | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Цинк                                | < 1,0                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Хлор залишковий вільний             | < 0,5<br>(при хлоруванні)           | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Нафтопродукти                       | < 0,1                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Поверхнево-активні речовини аніонні | < 0,5                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| <b>Санітарно-токсикологічні</b>     |                                     |                              |
| Амоній                              | < 0,5(2,6)                          | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Нітрити                             | < 0,5                               | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Нітрати                             | < 50,0                              | мг/дм <sup>3</sup>           |
| Фториди                             | 0,7÷1,2                             | мг/дм <sup>3</sup>           |



## Рисунок 1.4 – Показники якості води

Водневий показник рН - це величина, яка вказує на концентрацію іонів водню ( $H^+$ ) у розчині і вимірює кислотність або лужність розчину; розчин зі значенням рН 7 є нейтральним, вищі значення рН стають більш лужними, а нижчі - більш кислими. У загальновідомих розчинах рН коливається від 0 до 14 (рисунок 1.5).

| Речовина                                  | рН          |
|---|-------------|
| Електроліти в свинцевих акумуляторах      | <1,0        |
| Шлунковий сік                             | 1,0 — 2,0   |
| Лимонний сік (5% розчин лимонної кислоти) | 2,0 ± 0,3   |
| Харчовий оцет                             | 2,4         |
| Кока-кола                                 | 3,0 ± 0,3   |
| Яблучний сік                              | 3,0         |
| Пиво                                      | 4,5         |
| Кава                                      | 5,0         |
| Шампунь                                   | 5,5         |
| Чай                                       | 5,5         |
| Шкіра здорової людини                     | 5,5         |
| Кислотні дощі                             | < 5,6       |
| Слина                                     | 6,35 — 6,85 |
| Молоко                                    | 6,6-6,9     |
| Чиста вода                                | 7,0         |
| Кров                                      | 7,36 — 7,44 |
| Морська вода                              | 8,0         |
| Мило (жирове) для рук                     | 9,0 — 10,0  |
| Нашатирний спирт                          | 11,5        |
| Відбілювач (хлорне вапно)                 | 12,5        |
| Концентровані розчини лугів               | >13         |

Рисунок 1.5 – Значення рН речовин

Для абсолютно чистої води рН має становити 7. В реальності, однак, це рідко буває так. Наприклад, коли вода піддається впливу повітря,  $CO_2$  розчиняється у воді, утворюючи вугільну кислоту  $H_2CO_3$ , що призводить до падіння рН води до 5,7-6 [9].

Залежно від значення рН вода може бути сильнокислою (рН < 3), кислі (3,0 – 5,0), слабокислі (5,0–6,5), нейтральні (6,5–7,5), слаболужні (7,5–8,5), лужні,(8,5–9,5), сильнолужні (рН > 9,5).

Водневий показник водневого показника водного розчину можна приблизно визначити за допомогою індикатора - сполуки, яка змінює колір при додаванні до розчину. До добре відомих індикаторів належать фенолфталеїн, лакмус і метиловий оранжевий.

Для точного вимірювання значень рН у всьому світі використовують рН-метри зі скляними електродами, які є високочутливими до іонів  $H^+$ , але не до інших катіонів. Коли такий електрод поміщають у досліджуваний розчин, його сигнал посилюється і порівнюється з сигналом від розчину з відомим значенням рН.

Окислювальні властивості води вказують на те, що окислювач або еквівалентна кількість кисню споживається органічною речовиною. Значення окислюваності для літньої води знаходяться в діапазоні 2-8 мг/л  $O_2$ . Підвищення окислюваності свідчить про промислове забруднення води.

Сполуки азоту - це розкладені сечовина і білкові сполуки, які потрапляють у воду з побутовими стічними водами. Залишок, який висихає після випаровування певної кількості води, визначає кількість солей у природній воді. Хлориди присутні в багатьох водоймах через високу розчинність хлористих солей і скидання у воду промислових і побутових стічних вод.

Через іони кальцію та магнію вода характеризується жорсткістю, що робить її непридатною для побутового використання та багатьох технічних процесів. Жорстка вода призводить до недосмажування м'яса, погіршення зовнішнього вигляду, смаку та якості чаю, надмірного використання миючих засобів під час прання та псування текстилю. Тривала робота парових котлів з жорсткою водою може призвести до нещасних випадків.

Гігієнічна та бактеріологічна оцінка якості води базується на визначенні двох основних показників: кількості мікроорганізмів та кількості бактерій групи кишкових паличок. Бактерії групи кишкових

паличок вважаються стандартним показником для оцінки якості.

Абсолютна кількість бактерій групи кишкової палички у воді - це "колі-індекс". Для чистої води (питної води) коли-індекс повинен бути  $\leq 3$ , а титр коли  $\geq 300$ . Температура води залежить від її джерела. Підземні води характеризуються статичною температурою.

Вода має чотири смаки: солоний, гіркий, солодкий і кислий.

Наявність мулу, піску, глини та органічних залишків визначає прозорість і каламутність води (рис. 1.6). Каламутність води можна зменшити шляхом фільтрації та відстоювання. Каламутність води в річках і водосховищах збільшується під час дощів, повеней і танення льодовиків.

Каламутність води зазвичай визначають, порівнюючи досліджувану воду зі стандартною суспензією [7]. Традиційно в якості суспензії використовували каолін (глину), а результати вимірювань виражали в міліграмах на літр (каолін). Сьогодні стандартом є використання формазинової (полімерної) суспензії, а одиницею вимірювання каламутності є ОМ/літр (одиниці каламутності на літр).



Рисунок 1.6 – Проби води з одиницями каламутності 5, 50 і 500 фармазіну.

Каламутність питної води слід регулювати, щоб сприяти росту бактерій, захищаючи їх від ультрафіолетового випромінювання, а також з естетичних міркувань; ВООЗ не регламентує каламутність, оскільки вона не впливає на здоров'я людини, але рекомендує каламутність 5 ОМФ або менше для зовнішнього вигляду.

## 2. СИСТЕМА

### 2.1 Постановка задачі

Щоб знати параметри води та інших рідин, необхідно створити систему, яка враховує та відображає їхні показники. З її допомогою можна досліджувати різні рідини та аналізувати, як змінюються температура, каламутність і кислотність.

### 2.2 Огляд існуючих рішень

pH-метр - це електронний пристрій, який працює на основі мікропроцесора, що керує датчиком. Датчик надсилає перераховане значення напруги [10].

pH-метр pH-420 (рис. 2.1) використовується для аналізу показників питної води, харчових і виробничих систем, а також для контролю технічних процесів.

Прилад може вимірювати.

- Водневий показник (pH);
- Окислювально-відновний потенціал (Eh);
- температуру в розчині.



Рисунок 2.1 – pH-420 ціною в 12600 грн

Модель рН-метра рН420 оснащена сучасним програмним забезпеченням. Результати вимірювань виводяться на дисплей з роздільною здатністю 133x64 і розміром 66x54 мм.

рН-метр MARK-901 (рис. 2.2) - компактний прилад для вимірювання водневого показника і температури у водних середовищах. Може використовуватися в університетах і промисловості.



Рисунок 2.2 – Портативний MARK-901 ціною від 26500 грн

Mark-901 працює шляхом вимірювання різниці потенціалів між електродами, зануреними в розчин. ЕРС лінійно залежить від значення водневого показника.

Значення електрорушійної сили з електродів перетворюється в значення кислотності з урахуванням температури розчину (виконується термокомпенсація). Визначена інформація відображається на рідкокристалічному екрані приладу.

Переваги Марк-901 перед аналогами.

- Точне і просте вимірювання;
- Може вимірювати як кислотність, так і температуру;
- Контрастний рідкокристалічний дисплей;
- Доступна коробка для зберігання;
- Низьке енергоспоживання (до 2000 годин).

Компактний, водонепроникний рН-метр HI 98128 рНer 5 може вимірювати в рідинах (Рис. 2.3). Він має функцію калібрування, а на РК-дисплеї відображаються значення рН і температури. Блок живлення працює від двох батарейок типу АА, тому він компактний..



Рисунок 2.3 – Портативний рН-метр HI 98128 ціною 4480 грн

Переваги HI 98128 рНer 5 перед аналогами:

- Швидкі та точні вимірювання рН і температури;
- Оптимальна ціна;
- РК-дисплей показує рН і температуру;
- Автоматичне вимкнення через 8 хвилин, коли прилад не використовується, подовжує термін служби батареї.

## 2.3 Розробка системи

Для того, щоб розробити систему, необхідно розробити її концепцію та ментальну карту, обговорити її переваги та недоліки, а також звернути увагу на економічні фактори та сфери застосування.

### 2.3.1 Концепція та MindMap

Концепція системи (рис. 2.4) складається з основних елементів. Центром системи є мікроконтролер, який приймає, обробляє та передає інформацію на модуль передачі даних. Інформація (показники) отримується за допомогою датчиків, занурених у рідину. Система електроживлення забезпечує живлення всіх компонентів і гарантує стабільну роботу. Передача даних дозволяє відображати наступне.

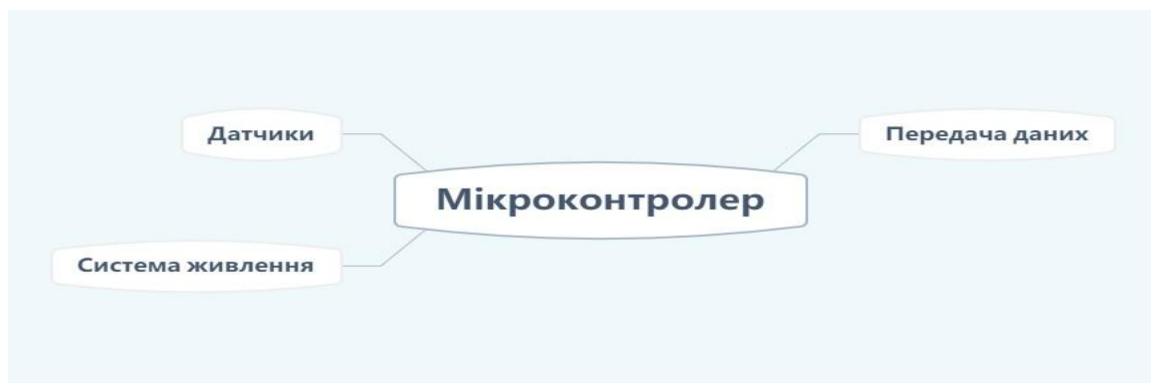


Рисунок 2.4 – Концепція системи

Інтелектуальна карта (рис. 2.5) містить елементи, які ілюструють необхідні етапи розвитку системи. Кожен етап розвивається поступово і завершується етапом використання системи.



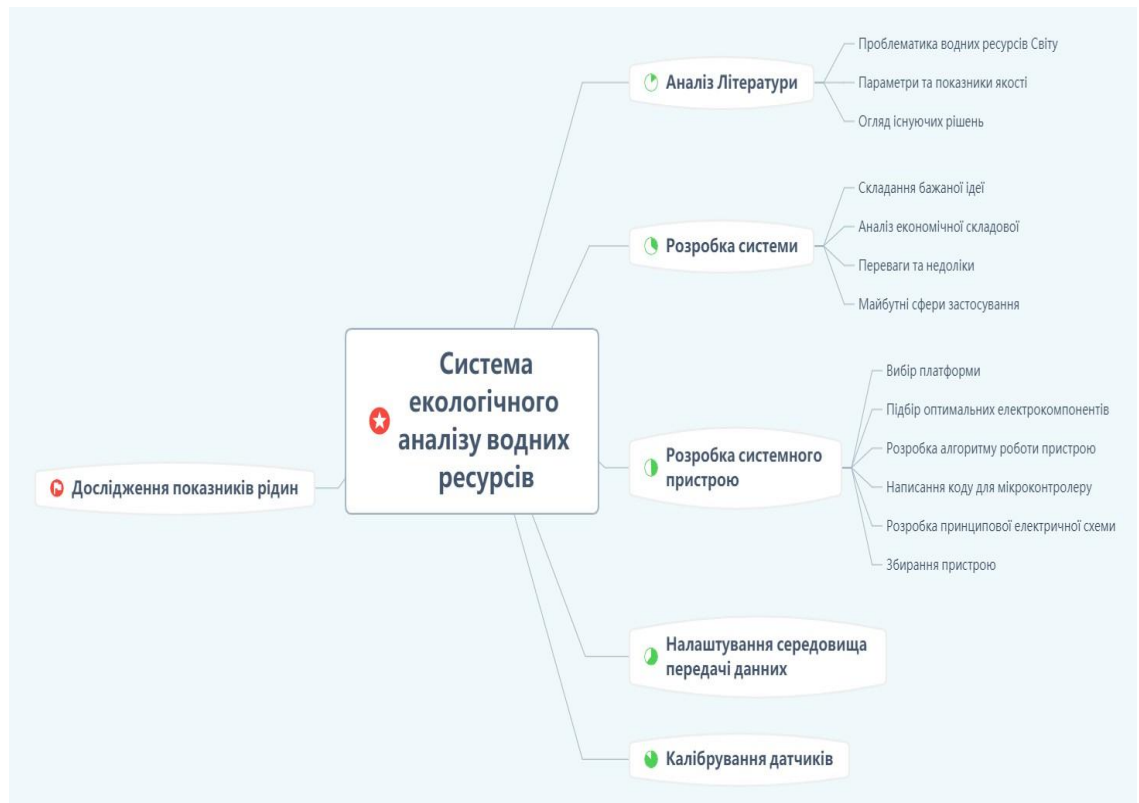


Рисунок 2.5 – Інтелектуальна карта MindMap

Проаналізувавши наявні рішення, можна зробити висновок, які саме вимірювання повинна виконувати система.

Основними з них є наступні

- а) вимірювання рН;
- б) вимірювання каламутності рідини;
- в) вимірювання температури.

Система повинна передавати дані для відображення на екрані. У цьому випадку корисно, якщо дані можуть передаватися на смартфон користувача. Це робить можливим віддалений моніторинг показників. Система повинна мати можливість створювати декілька для одночасного контролю в різних місцях. Оскільки передача даних на великі відстані є дуже вимогливою, система повинна бути забезпечена достатньою потужністю. При цьому живлення повинно здійснюватися

від акумулятора, щоб систему можна було використовувати віддалено. Система повинна бути доступна з комп'ютера для швидкого калібрування та конфігурації.

### 2.3.2 Переваги та недоліки

Переваги такої системи полягають у наступному

- а) Можливість віддаленого аналізу даних. б) Зручний інтерфейс.
- в) Точність вимірювань;
- г) Можливість налаштування та калібрування датчиків; д) Можливість додавання інших датчиків;
- д) ціна.

Недоліками є

- а) батареї потрібно час від часу підзаряджати;
- б) необхідність платити за послуги передачі даних.

### 2.3.3 Економічні фактори

Економічні елементи системи можна одразу відрізнити від аналогічних. Витрати на розробку включають придбання мікроконтролера, необхідних датчиків, модулів передачі даних, акумуляторних батарей та герметичного корпусу. Крім того, необхідно придбати та активувати SIM-карту для передачі даних через GSM.

Загалом система коштує 3 000 гривень. Тоді як аналог має вищу ціну.

#### 2.3.4 Сфери застосування

Системи можуть бути використані для аналізу води та харчових продуктів, а також для контролю технологічних процесів на виробництві. Їх можна використовувати для лабораторних вимірювань у різних галузях промисловості. В домашніх умовах систему можна використовувати для моніторингу води в басейні, акваріумі та зразків навколишнього середовища.

## 3 СИСТЕМНИЙ ПРИСТРІЙ

### 3.1 Теоретичні відомості та підбір елементів

Щоб створити пристрій, потрібно ознайомитися з платформою розробки. Потрібно вибрати найрацій мікроконтролер і сенсор для поставленого завдання. Потрібно вибрати модулі передачі даних..

#### 3.1.1 Платформа Arduino

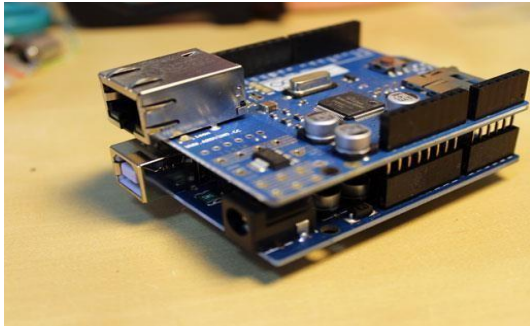
Arduino - це програмована платформа, що використовується для маніпулювання будь-якими електричними елементами, інакше відома як контролер, який реагує на зміну одного параметра зміною іншого параметра Arduino виглядає як плата вводу/виводу з встановленим на ній мікроконтролером (рис. 3.1), але вона також є середовищем для написання прошивки для мікроконтролера Вона виглядає як плата вводу/виводу (рис. 3.1), але вона також є середовищем для написання прошивки для мікроконтролера.



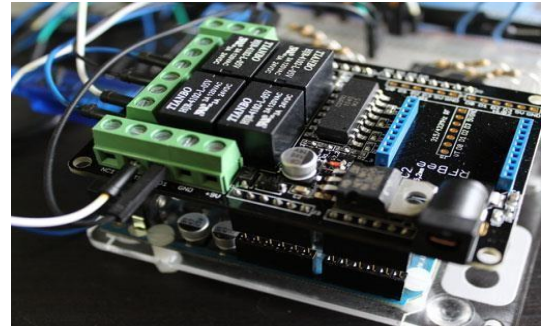
Рисунок 3.1 – Одна найпоширеніших плат платформи – Arduino Uno

Плати Arduino можуть використовувати більшість виводів вводу/виводу мікроконтролера у зовнішніх схемах. Наприклад, плата

Diесimila має 14 цифрових виводів вводу/виводу (LOW -0В, HIGH -5В) і 6 аналогових входів (0-5В), 6 з яких можуть забезпечувати ШІМ-сигнали [14]. Виходи виведені на 0,1-дюймові гніздові роз'єми у верхній частині плати. Плати розширення екрану також є у вільному продажу. (рисунок 3.2).



а)



б)

Рисунок 3.2 – Плати розширення Arduino: а) Ethernet Shield; б) Relay Shield

За допомогою Arduino можна розробляти різноманітні системи для керування датчиками та двигунами; кожен контролер Arduino можна придбати в готовому вигляді або зібрати самостійно, а середовище для прошивки таких плат є безкоштовним.

Arduino базується на мікроконтролерах Atmel AVR (ATmega328 і ATmega168 в нових версіях, ATmega8 в старих версіях) і базовій частині для програмування і підключення інших схем. Для кожної плати потрібен стабілізатор напруги 5 В і кварцовий генератор на 16 МГц (в деяких версіях - керамічний резонатор). Мікроконтролер має попередньо прошитий завантажувач. До комп'ютера мікроконтролер підключається за допомогою USB-інтерфейсу (якщо він є на платі) або окремого адаптера UART-USB.

У світі існує багато аналогів Arduino: Parallax Basic Stamp, BX-24 від Netmedia, Phidgets та MIT Handyboard. Всі вони мають схожі можливості, необхідні для тих, хто не хоче заглиблюватися в складові мікроконтролера, і надають зручний інтерфейс для освоєння використовуваних зараз в університетах і в повсякденному житті можливостей Arduino:

- Не потребує програміста - мікроконтролер поставляється з попередньо встановленим завантажувачем;

- Плати Arduino відносно недорогі; модуль Arduino коштує близько \$50;
- Можна використовувати з різними операційними системами;
- Це дуже корисне середовище програмування;
- Програмне забезпечення має відкритий вихідний код;

### 3.1.2 Середовище розробки програмного забезпечення Arduino

Прошивка для мікроконтролера була розроблена за допомогою вільно розповсюдженого середовища Arduino IDE (рис. 3.3). Це середовище включає компілятор, текстовий редактор, препроцесор та утиліти для підключення до мікроконтролера. Це середовище розробки було розроблено з використанням Processing in Java і добре підходить для різних операційних систем.

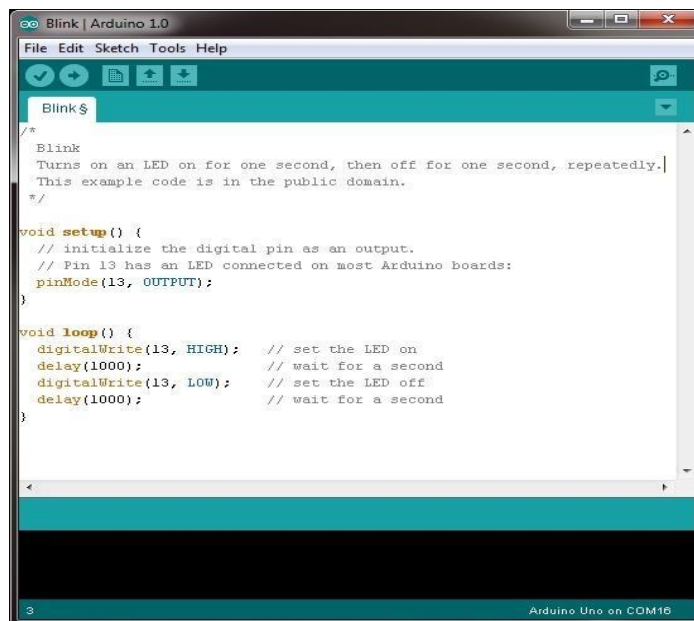


Рисунок 3.3 – Програмне середовище Arduino IDE

Програмування виконується мовою C++ за допомогою спеціального компілятора. Компілятор спрощує роботу для початківців. Скетч - це ім'я прошивки Arduino, збереженої у форматі .ino.

Функція main() генерується препроцесором самостійно, а ось функції setup() і loop() повинні бути написані вами. setup()

використовується тільки один раз при включенні мікроконтролера - вона задає параметри для роботи. друга функція викликається циклічно. Друга функція викликається циклічно.

Бібліотеки додаються до прошивки препроцесором. Нестандартні бібліотеки повинні бути вказані на початку програмного коду.

Програма завантажується в мікроконтролер за допомогою попередньо запрограмованого завантажувача. Він зберігається в пам'яті мікроконтролера, але також може бути прошитий за допомогою програматора.

Щоб встановити програмне забезпечення на мікроконтролер, порт контролера на Arduino необхідно з'єднати за допомогою USB-кабелю з портом на комп'ютері. Потім у вкладці Tools середовища Arduino IDE вкажіть тип контролера, модель мікроконтролера, тобто процесора, і номер порту комп'ютера, до якого потрібно підключитися (інформація про підключення відображається в правому нижньому куті). (рисунок 3.4).

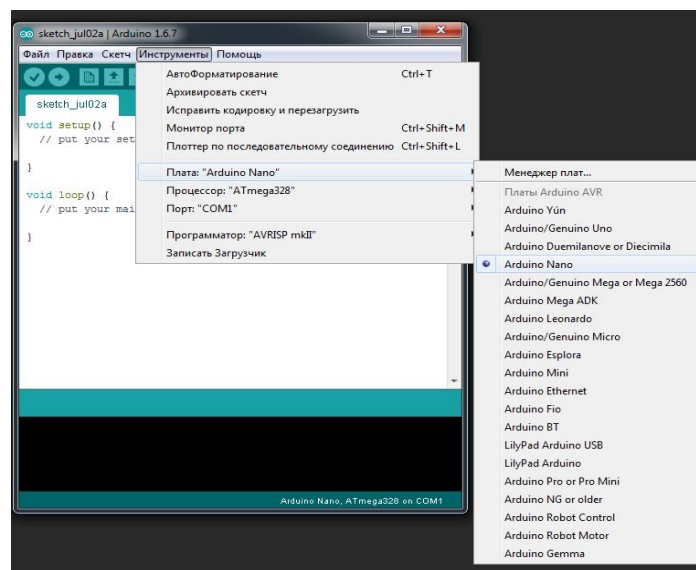


Рисунок 3.4 – Налаштування Arduino IDE для прошивки мікроконтролеру

Після підключення необхідно скопіювати прошивку і



натиснути кнопку завантаження, позначену стрілкою у верхньому лівому куті.

На більшості плат під час цього процесу будуть блимати світлодіоди RX і TX; середовище розробки Arduino відобразить повідомлення про завершення завантаження або про помилку.

З цього моменту прошивка зберігається у флеш-пам'яті мікроконтролера і завантажується завантажувачем при кожній ініціалізації плати; Arduino здатна перепрошиватися десятки тисяч разів, але все обмежується ресурсами флеш-пам'яті - а вони досить великі. Під час перепрошивки флеш-пам'ять автоматично очищується. Стара прошивка автоматично стирається.

### 3.1.3 Вибір мікроконтролера Arduino та його характеристики

Існує багато типів контролерів Arduino та плат розширення. Найпоширенішими і недорогими є такі контролери:

- Uno - добре відома USB-плата Arduino з контролером ATmega328, частотою мікроконтролера 16 МГц, функцією автоматичного перезапуску і корисними маркуваннями виводів (рис. 3.5);
- Nano - невелика плата, яку можна підключити через USB Mini-B. Вона використовує мікроконтролери ATmega168 і ATmega328, має частоту мікроконтролера 16 МГц і функцію автоматичного перезапуску (рис. 3.5);
- Mega - плати серії Mega з мікроконтролерами Atmega1280, частотою 16 МГц і функцією автоматичного перезапуску (рис. 3.5);
- Mega2560 - оновлена версія плати Mega з використанням мікроконтролера Atmega2560 та мікросхеми ATmega8U2, що підтримує послідовне підключення через USB-порт;
- LilyPad - плата Arduino з ATmega328, яка може автоматично

- перезавантажуватися та пришиватися до тканини (рис. 3.5);
- Fіo - плата, що використовується для бездротових додатків; Fіo має роз'єм для радіо XBee, роз'єм для LiPo акумулятора та інтегровану схему зарядки.

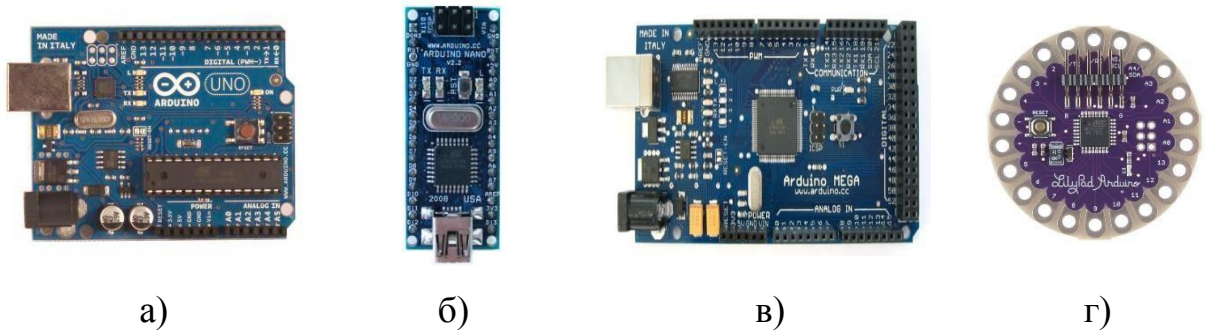


Рисунок 3.5 – Відомі плати Arduino: а) Uno; б) Nano; в) Mega; г) LilyPad

Для реалізації цього завдання в дослідженні було використано контролер Arduino Mega 2560 R3 (рис. 3.6). Особливості цієї плати.

- Невисока ринкова ціна (до 300 грн);
- Внутрішній завантажувач прошивається через USB Type B.
- Використовується мікросхема CH340 з відмінною стабільністю та швидкістю передачі даних;
- Містить 54 цифрових і 16 аналогових виводів
- Найпотужніший мікроконтролер Arduino ATmega2560 - 16AU

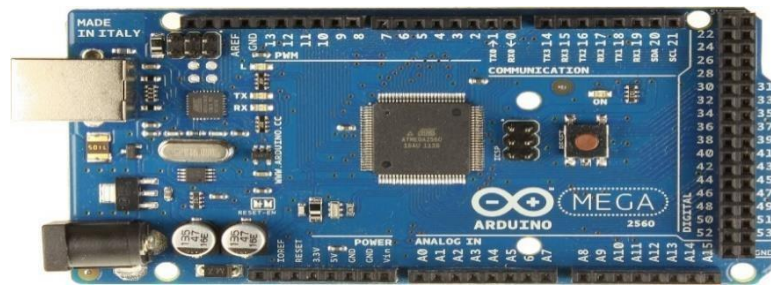


Рисунок 3.6 – Arduino MEGA 2560

Arduino Mega 2560 - це пристрій на базі мікроконтролера ATmega2560. Можливості, які він має: 54 цифрових входи і виходи, 16 аналогових входів, 4 UART (апаратні приймачі для реалізації послідовного інтерфейсу), кристал 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм ICSP для внутрішньосхемного програмування та

кнопка скидання. Джерело живлення.

Також можна керувати з ПК за допомогою кабелю USB Type B [16]. Третя версія Мега включає мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 у версіях R1 та R2) для перетворення інтерфейсу USB-UART. Технічні характеристики наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики Arduino Mega

|  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| Мікроконтролер                               | Atmel ATmega2560                  |
| Ядро   | 8-бітний AVR                      |
| Тактова частота                              | 16 МГц                            |
| Робоча напруга (логічний рівень)             | 5В                                |
| Вхідна напруга (рекомендована)               | 7-12В                             |
| Вхідна напруга (максимальна)                 | 6-20В                             |
| Цифрові входи/виходи                         | 54                                |
| Аналогові входи                              | 16                                |
| Постійний струм через вхід/вихід             | 40 мА                             |
| Оперативна пам'ять                           | 8 Кб                              |
| Обсяг Flash-пам'яті                          | 256 КБ (8 КБ займає завантажувач) |
| EEPROM                                       | 4 Кб                              |
| Розрядність АЦП                              | 10 біт                            |
| Апаратних інтерфейсів UART / Serial          | 4                                 |
| Апаратних інтерфейсів I <sup>2</sup> C / TWI | 1                                 |
| Розміри                                      | 1.85 см x 4.2 см                  |

На платі є чотири світлодіоди для індикації стану. Вони позначені TX, RX, PWR і L. Перші два вказують на те, що дані надсилаються або приймаються; PWR світиться при напрузі 5 В, вказуючи на наявність живлення; світлодіод L використовується, коли цього вимагає

користувач; і світлодіод L використовується для індикації стану мікроконтролера.

Мікроконтролер містить наступні типи пам'яті

- Флеш-пам'ять - зберігає прошивку;
- ОЗП (статична пам'ять з довільним доступом) - використовується для зберігання та маніпулювання змінними; і
- EEPROM (енергонезалежна пам'ять) - використовується для зберігання постійної інформації.

Використовується для зберігання постійної інформації.

Коли живлення вимкнено, дані зберігаються у флеш-пам'яті та EEPROM; ATmega2560 має 256 Кб флеш-пам'яті програм, 8 Кб SRAM і 4 Кб EEPROM.

Arduino Mega живиться від USB Type B або нерегульованої напруги 6-5В.

Він живиться від зовнішнього джерела живлення 20В або 5В. Для зовнішнього живлення можна використовувати зарядний пристрій або батарею. Штекер адаптера необхідно вставити в роз'єм живлення контролера. Якщо живлення здійснюється від акумулятора, підключіть кабель живлення до контакту Vin, а заземлення - до Gnd.

Якщо живлення контролера нижче 7 В, пристрій працюватиме нестабільно. Використання напруги вище 12 В може призвести до перегріву стабілізатора напруги.

Усі входи та виходи працюють у діапазоні 0-5 В. Вхідний струм не повинен перевищувати 40 мА, а сумарний контактний струм не повинен перевищувати 200 мА. Входи і виходи Arduino Mega показані на рисунку 3.7. Схема всієї плати наведена в Додатку В.

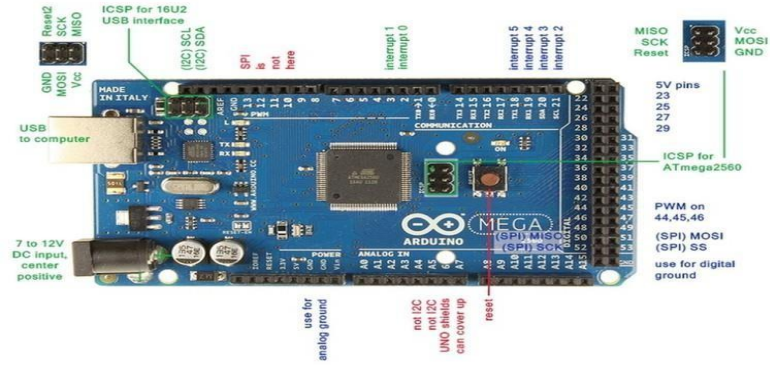


Рисунок 3.7 – Позначення виводів на платі Arduino Mega

54 цифрові виводи Mega можна налаштувати як вхід або вихід за допомогою функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()`. Всі виводи мають внутрішні резистори 20-50 кОм.

Послідовні інтерфейси реалізовані на виводах 0 (RX) і 1 (TX), 19 (RX) і 18 (TX), 17 (RX) і 16 (TX), 15 (RX) і 14 (TX). Ці виводи використовуються для прийому (RX) і передачі (TX) даних через послідовний інтерфейс.

На контактах можна використовувати широтно-імпульсну модуляцію: 2 - 13 і 44 - 46. За допомогою функції `analogWrite ()` 8-бітне аналогове значення приймається як ШІМ-сигнал.

До виводу 13 підключено світлодіод, керований користувачем. Він світиться, коли напруга висока, і не світиться, коли напруга низька.

Arduino Mega 2560 має 16 аналогових входів, кожен з яких підключений до 10-розрядного АЦП. Напруга може бути виміряна до 5 В, але верхня межа може бути змінена за допомогою AREF і функції `analogReference ()`.

### 3.1.4 Датчики вимірювання

Пристрій повинен отримувати дані про параметри води та надсилати їх на мікроконтролер, а звітти - на дисплей. Вода вимірюється за допомогою датчиків, занурених у воду.

Наша система використовує три вимірювальні датчики: датчик рН, датчик каламутності та датчик температури.

Датчик рН використовується для отримання значення водневого показника, який характеризує активність іонів водню в розчині. Принцип дії датчика заснований на вимірюванні величини електрорушійної сили електродної системи, яка вказує на активність іонів водню в розчині.

Оскільки вимірювальний електрод виготовлений зі скла, з датчиком потрібно поводитися обережно.

У пристрої використовується рН-датчик SEN0161 від компанії DFRobot (рис. 3.8). Пристрій містить скляний вимірювальний електрод, який функціонує як індикатор живлення, і датчик [19] з BNC-роз'ємом. Використання цього датчика.

Для використання цього датчика необхідно підключити датчик рН до роз'єму BNC, а інший вихід перетворювача підключити до аналогового вхідного порту контролера Arduino. Деякі технічні характеристики датчика наведено в таблиці 3.2.

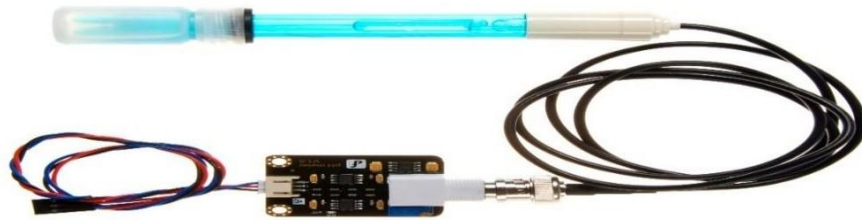


Рисунок 3.8 – Датчик рН SEN0161 з перетворювачем від DFRobot

Таблиця 3.2 – Характеристики рН датчика SEN0161

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Модуль живлення      | 5,00 В         |
| Розмір модуля        | 43 мм × 32 мм  |
| Діапазон вимірювання | 0-14рН         |
| Робоча температура   | 0-60 °С        |
| Точність             | ± 0,1рН(25 °С) |
| Час відгуку          | ≤ 1хв          |



Особливостями цього датчика є.

- Посилення можливе за допомогою потенціометра;
- Світлодіодний індикатор живлення;
- Перетворювач для прямого підключення до мікроконтролера;
- Довжина кабелю від датчика до BNC-роз'єму 660 мм;
- Екрановані кабелі
- Коробка з дистильованою водою для калібрування
- Відносно низька ціна \$40

На рисунку 3.9 показано залежність рН від напруги при 25°C. °C.

| VOLTAGE (mV) | pH value | VOLTAGE (mV) | pH value |
|--------------|----------|--------------|----------|
| 414.12       | 0.00     | -414.12      | 14.00    |
| 354.96       | 1.00     | -354.96      | 13.00    |
| 295.80       | 2.00     | -295.80      | 12.00    |
| 236.64       | 3.00     | -236.64      | 11.00    |
| 177.48       | 4.00     | -177.48      | 10.00    |
| 118.32       | 5.00     | -118.32      | 9.00     |
| 59.16        | 6.00     | -59.16       | 8.00     |
| 0.00         | 7.00     | 0.00         | 7.00     |

Рисунок 3.9 – Робоча таблиця датчика SEN0161

Для точних вимірювань електрод слід промити і зберігати в коробці з дистильованою водою. Перед першим використанням електрод також слід відкалібрувати за допомогою стандартного розчину (дистильованої води). Схема підключення показана на малюнку 3.10.

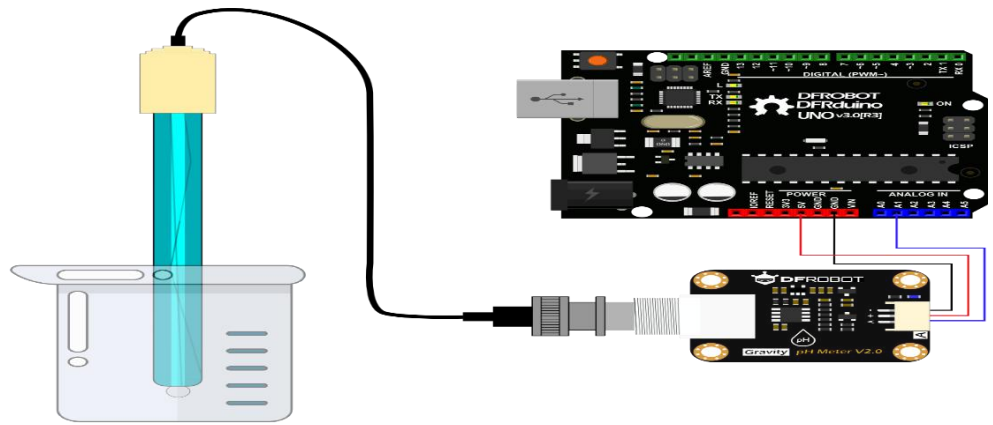


Рисунок 3.10 – Підключення датчика рН до Arduino

Датчик каламутності - цей датчик може виявляти частинки у воді, вимірюючи коефіцієнт пропускання і розсіювання світла, який змінюється залежно від загальної кількості зважених речовин у воді. Прилад використовує датчик каламутності SEN0189 від DFRobot (Рис. 3.11) - цей датчик DFRobot визначає якість води шляхом вимірювання каламутності.

Датчик має як аналоговий, так і цифровий виходи сигналу. Потенціометр можна використовувати для встановлення порогу спрацьовування цифрового виходу. Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 3.3.

Для отримання даних датчик повинен бути занурений у воду до краю. Задня частина датчика не герметична.



Рисунок 3.11 – Датчик мутності SEN0189 з перетворювачем від DFRobot

Таблиця 3.3 – Характеристики датчика мутності SEN0189

|                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| Робоча напруга             | 5 В постійного струму            |
| Робочий струм              | 40 <u>мА</u> (макс.)             |
| Час відгуку                | <500 мс                          |
| Напруга аналогового виходу | 0-4,5 В                          |
| Напруга цифрового виходу   | Сигнал високого / низького рівня |
| Робоча температура         | 5 °С ~ 90 °С                     |
| Розміри адаптера           | 38 мм * 28 мм * 10 мм            |
| Ціна                       | 25\$                             |

На рисунку 3.12 наведена довідкова таблиця для відображення вихідної напруги на NTU (мг/л) в залежності від температури. В чистій воді значення NTU < 5.

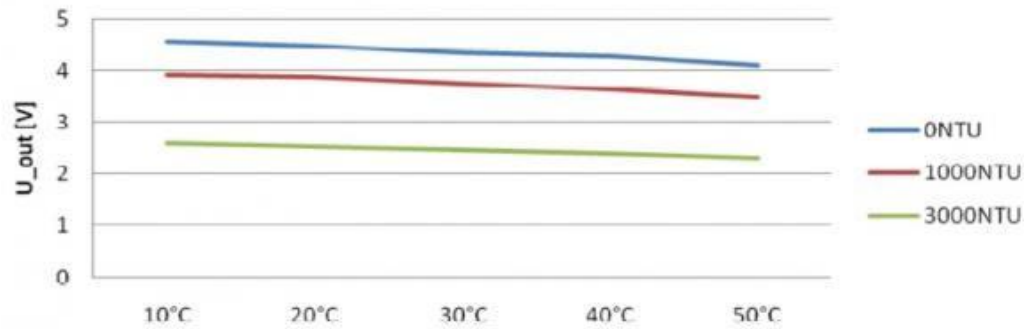


Рисунок 3.12 – Залежність напруги від температури для константного значення мутності

Для вимірювання температури рідини в приладі використовується датчик температури DS18B20 (рис. 3.13). Температура перетворюється в 12-бітну цифрову змінну за 750 мс. Датчик розміщений в герметичному корпусі з нержавіючої сталі, що забезпечує високий ступінь захисту вимірювальних елементів датчика.

Чип-датчики DS18B20 перетворюють температуру в цифрові значення безпосередньо всередині корпусу. Це означає, що на вимірне значення датчика не впливають з'єднувальні кабелі, що полегшує підключення до мікроконтролера або ПК. Технічні характеристики датчика наведені в таблиці 3.4.



Рисунок 3.13 – Герметичний датчик температури DS18B20

Таблиця 3.4 – Характеристики датчика температури DS18B20

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Тип датчика                           | Зонд        |
| ступінь вологозахищеності             | Герметичний |
| Час відгуку                           | <750 мс     |
| Робоча напруга                        | 3-5,5 В     |
| Діапазон вимірюваних температур       | -55 -125 °С |
| Точність вимірювання від -10 до 85 °С | ± 0,5 °С    |
| Роздільна здатність                   | 9-12 біт    |
| Ціна                                  | 4\$         |

Сигнал датчика є цифровим, тому деградація сигналу на великих відстанях відсутня. Датчик дуже чутливий ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  у більшості діапазонів) і може забезпечити точність 9-12 біт завдяки внутрішньому цифро-аналоговому перетворювачу. Датчик працює з будь-яким мікроконтролером, використовуючи одну лінію даних.

Недоліком цього датчика є те, що бібліотека повинна бути підключена до прошивки мікроконтролера за допомогою протоколу Dallas 1-Wire. Також між лініями DATA і VCC датчика необхідно підключити підтягуючий резистор 4,7 кОм; лінія DATA повинна бути підключена безпосередньо до цифрової клеми контролера. Схема підключення датчика і контролера показана на рисунку 3.14.

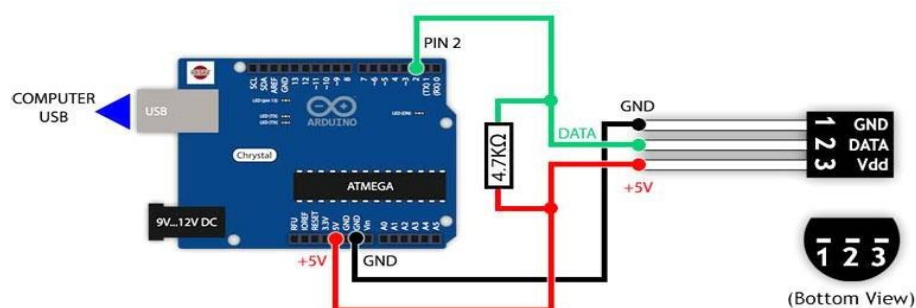


Рисунок 3.14 – Схема підключення DS18B20 до Arduino

### 3.1.5 Передача даних

Технології передачі даних, такі як Bluetooth і Wi-Fi, не підходять для цього пристрою, оскільки вони призначені для передачі інформації людям у віддалених місцях. Це пов'язано з обмеженим радіусом дії. Найкращим рішенням тут є GSM.

GSM - це стандарт зв'язку, заснований на розділенні каналів за часом і частотою. Існує єдиний частотний формат для роботи цього зв'язку. GSM на сьогоднішній день є найпопулярнішим стандартом зв'язку.

GSM підтримує наступні послуги

- Передача даних
- Передача голосової інформації
- Надсилання текстових повідомлень
- Відправлення факсу

Модулі GSM можна використовувати для передачі даних безпосередньо з контролера на мобільний телефон, відправлення команд на пристрій за допомогою SMS-команд або отримання інформації від пристрою через інтернет-з'єднання, відкрите за допомогою GPRS.

Ці модулі повинні використовуватися разом з мікроконтролером для надсилання повідомлень і здійснення телефонних дзвінків. Найбільш відомими є модулі A6, A7, SIM900 і SIM800L.

SIM900 використовується в системах автоматичного управління. Цей модуль здійснює телефонні дзвінки та надсилає повідомлення абонентам. Його функції та характеристики наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики SIM900

|  |  |
|--|--|
| Діапазон <u>напруг</u>                   | 4,8-5,2В                                 |
| Потужність передачі                      | 1 Вт 1800 і 1900 МГц, 2 Вт 850 і 900 МГц |
| Робоча температура                       | від -30°C до 75°C                        |
| GPRS <u>multi-slot class</u>             | 10/8                                     |
| Підтримка                                | 2G, GPRS                                 |
| Протоколи                                | TCP і UDP                                |
| Струм у звичайному та імпульсному режимі | 450 <u>мА</u> \ 2 А                      |

SIM800L використовується для надсилання повідомлень і здійснення дзвінків; в модуль вставляється карта MicroSim. Пристрій має вбудовану антену та роз'єм для підключення зовнішньої антени. Живлення модуля здійснюється від зовнішнього джерела живлення або DC-DC перетворювача. Керування модулем здійснюється за допомогою комп'ютера через UART, Arduino або Raspberry Pi. Технічні характеристики наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики SIM800L

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Діапазон <u>напруг</u>       | 3,7 - 4,2В   |
| Потужність передачі          | Підтримка 4x діапазонної мережі 900/1800/1900 <u>МГц</u> |
| Робоча температура           | від -30°C до 75°C  |
| GPRS <u>multi-slot class</u> | 12 (85.6 <u>кБ</u> / с)                                  |
| Підтримка                    | 2G, GPRS   |
| Протоколи                    | TCP і UDP  |
| Максимальний струм           | 500 <u>мА</u>  |

Модуль А6 виконує ті ж функції, що і його попередники, але відрізняється низьким енергоспоживанням і мініатюрністю. Технічні характеристики наведено в таблиці 3.6. Модуль підтримує картки MicroSIM.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики А6

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| Діапазон <u>напруг</u>       | 4,5 - 5,5В         |
| Робоча температура           | -30°C до 80°C      |
| GPRS <u>multi-slot class</u> | 10                 |
| Живлення                     | 5В                 |
| Підтримка                    | 2G, GPRS           |
| Протоколи                    | PPP, TCP, UDP, MUX |
| Максимальний струм           | 900мА              |

А7 - це найновіший модуль, який має вбудований GPS і значно спрощену конструкцію порівняно з попередником, А6.

Він підтримує картки MicroSIM. Модуль підтримує обмін дзвінками та SMS-повідомленнями. Його технічні характеристики наведено в таблиці 3.7. Особливістю цього модуля є шумозаглушення.

Найдешевший та найпростіший у використанні модуль Sim800L V2 буде використаний у цьому пристрої (рис. 3.15). Особливістю підключення Sim800L до Arduino є те, що необхідно використовувати схему логічного перетворення. Використання Sim800L V2 від RoHS призведе, наприклад, до перетворення 5В на 5В, оскільки вихідна напруга становить 3,7В, а на виводі контролера - 5В. Модуль також має інший метод живлення, який дозволяє модулю отримувати живлення безпосередньо від контролера.



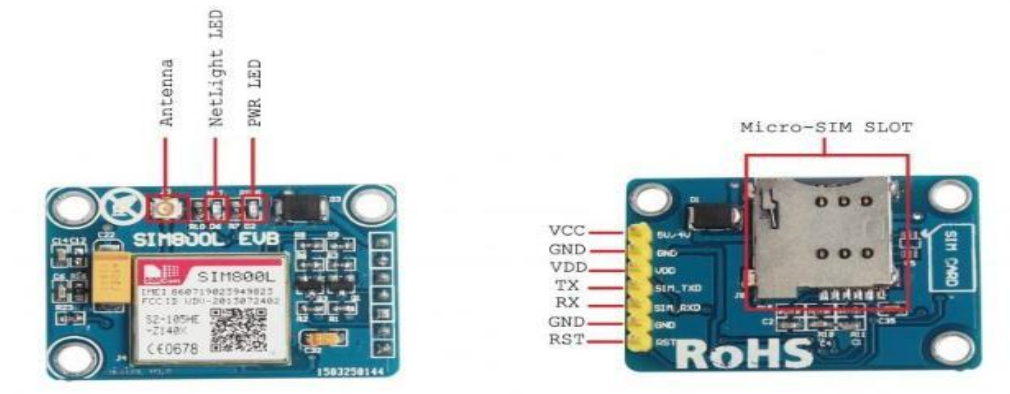


Рисунок 3.15 – GSM модуль Sim800L V2 від RoHS

Перевагою цього модуля є також наявність зовнішньої антени, яка має роз'єм для кріплення в корпусі [17].

Серед необхідних контактів зупинимося на RXD TXD. Це контакти, які використовуються для передачі даних. Для правильної роботи вони повинні бути підключені в зворотному порядку: Вивід RXD підключається до цифрового виводу TX Arduino, а вивід TXD - до цифрового виводу RX. На Arduino можливості прийому і передачі даних можуть бути призначені всім цифровим виводам у прошивці Модуль Arduino - це цифровий модуль RX.

Модуль може житися від контролера або безпосередньо від джерела живлення 5 В. Для початку роботи потрібна робоча microSIM-карта.

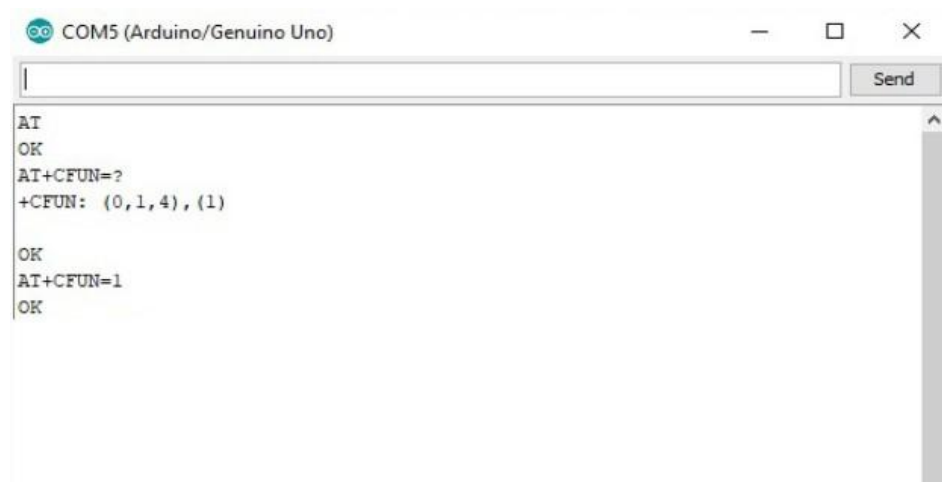
При першому ввімкненні індикатор модуля буде часто блимати. Це свідчить про те, що відбувається виклик зв'язку. Рідкісне блимання індикатора модуля означає, що з'єднання знайдено і модуль працює.

Керувати модулем можна за допомогою AT-команд. Для здійснення зв'язку через інтерфейс UART на інших контактах, окрім стандартних RX (0)/TX (1), виконайте наступне.

Для здійснення зв'язку через інтерфейс UART на виводах, відмінних від виводу (1) (зазвичай зайнятого для підключення до комп'ютера), необхідна стандартна бібліотека Arduino SoftwareSerial.h.

Команда `AT+IPR=<rate>` (де `<rate>`- швидкість передачі) може бути використана для встановлення зворотної швидкості модему. У цьому скетчі швидкість передачі даних встановлюється на Arduino і SIM800L, а дані відображаються на моніторі порту; коли Arduino ініціалізується, команда AT надсилається на послідовний порт, а з модему надсилається команда ОК (Рисунок 3.16).

Команди AT використовуються GSM модемом для передачі коротких повідомлень. Всі команди починаються з AT. Всі команди можна умовно розділити на тестовий режим, в якому модуль утримує команду, режим читання, в якому передаються параметри команди, і режим запису, в якому вводяться нові значення.



```

COM5 (Arduino/Genuino Uno)
|
| Send
|
AT
OK
AT+CFUN=?
+CFUN: (0,1,4), (1)
OK
AT+CFUN=1
OK
  
```

Рисунок 3.16 – Робота з модулем через послідовний інтерфейс монітору порта

GSM-модуль пристрою надсилає SMS-повідомлення на цей номер. Перед відправкою повідомлення прошивка Arduino повинна увімкнути текстовий формат повідомлення. Це робиться командою `AT + CMGF = 1`. Код також потрібно змінити на GSM командою `AT + CSCS = GSM`. Таке кодування дозволяє компілятору швидше розуміти передані символи. Коли модуль отримує команду `AT + CMGS = "+ 38XXXXXXXXXXXXXXXXX"`, системі потрібно ввести текст повідомлення.

Введення завершується натисканням клавіш Ctrl + Z і модуль розуміє, що це повний текст.

Схема підключення GSM модуля до Arduino показана на рисунку 3.17.

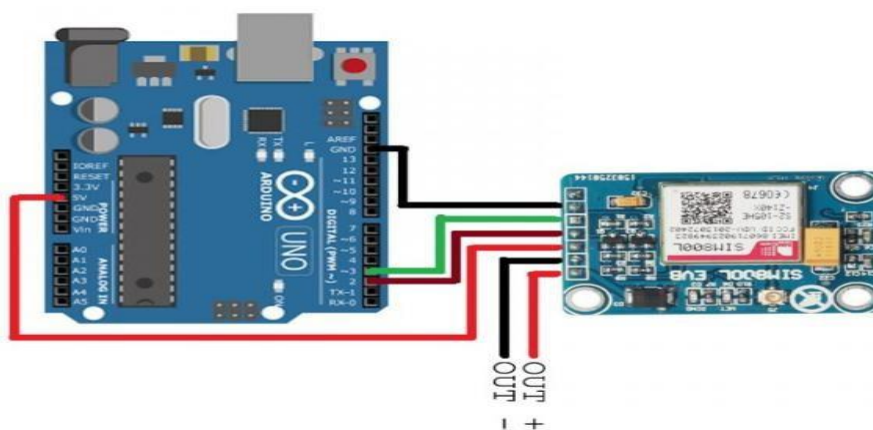


Рисунок 3.17 – Підключення GSM Sim800L V2 до Arduino

### 3.2 Алгоритм роботи пристрою

Три датчики отримують інформацію і відправляють її на мікроконтролер, який обробляє інформацію і відправляє її на GSM-модуль. Він надсилає її абоненту; GSM-модуль займає найбільше часу в одному циклі. Датчик вимірює до однієї секунди, а мегамодуль обробляє інформацію так само швидко. Затримка дозволяє налаштувати частоту надсилання сповіщень та активність пристрою.

Оскільки пристрій працює від батареї, необхідно розробити режим заряджання пристрою у вимкненому стані. Алгоритм роботи пристрою показано на рисунку 3.18.

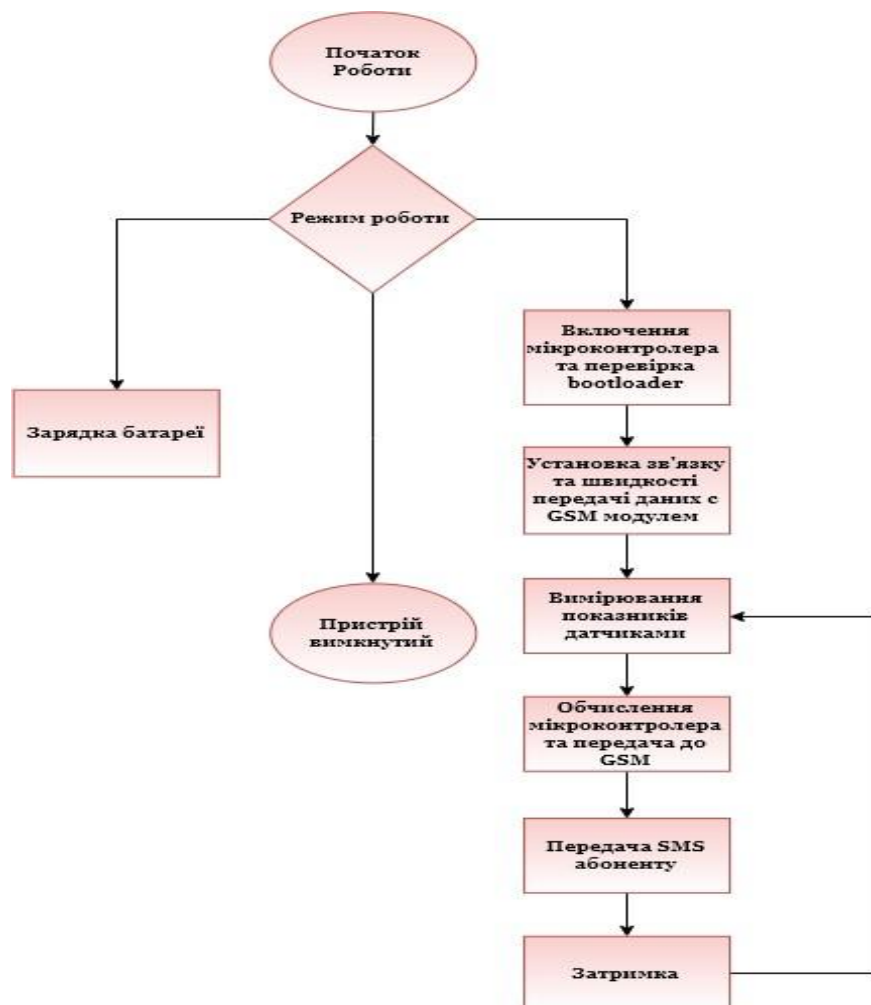


Рисунок 3.18 – Алгоритм роботи пристрою

### 3.3 Прошивка для мікроконтролера

Коли Arduino вмикається, завантажувач протягом перших кількох секунд перевіряє, чи є з'єднання з ПК і чи очікується завантаження нової прошивки. Якщо ні, він завантажує прошивку, яка вже зберігається у флеш-пам'яті мікроконтролера.

Початок коду прошивки починається з підключення бібліотек, які використовуються у роботі. Ці бібліотеки не є бібліотеками Arduino і повинні бути розміщені в папці C:\ProgramFiles\Arduino\libraries\.

Далі використовується інструкція `#define`, яка в Arduino, як і в C++, необхідна для спрощення написання коду. Після того, як ви один раз визначили ім'я фрагменту коду, ви можете використовувати тільки це ім'я. Найпоширеніше використання `#define` в Arduino - це визначення констант для номерів виводів.

- використовується для визначення константи для номера виводу.

Тут `#define` використовується для конфігурації виводу і встановлення значення для калібрування рН. Визначте виводи, до яких будуть підключатися інформаційні лінії від датчика температури, використовуючи бібліотеку `SoftwareSerial.h` для визначення виводів RX і TX Arduino; використовуйте бібліотеки `Onewire.h` і `DallasTemperature.h` для визначення температурних даних. Бібліотеки `Onewire.h` та `DallasTemperature.h` для визначення температурних даних. Далі оголошуємо глобальні змінні. Використовується функція `void setup()`. Ця функція використовується для налаштування Arduino і викликається один раз на початку роботи. Вона встановлює швидкість передачі даних через послідовний порт та задає роздільну здатність датчика температури.

Після `setup()` використовується функція `void loop()`, яка містить

команди, що будуть використовуватися протягом усього послідовного виконання Arduino, тобто від початку до кінця, від кінця виконання до початку.

У `void loop()` викликаються функції `pH()`, `temperature()`, `turbidity()`, функція відправки повідомлень та функція затримки.

Потім реалізуються викликані функції - визначення кислотності, температури, каламутності та надсилання повідомлення. На цьому код прошивки завершено. Залишилося лише скомпілювати та завантажити його в Arduino..

### 3.4 Розробка схем і збирання пристрою

Перед складанням пристрою необхідно скласти блок-схему та принципову електричну схему. На блок-схемі показано контролер, всі датчики та їхні перетворювачі, GSM-модуль з антеною, пристрій контролю живлення та заряду, акумулятор і тумблер. На схемі також показано напрямки передачі даних та живлення. Структурна схема пристрою показана на рисунку 3.19.

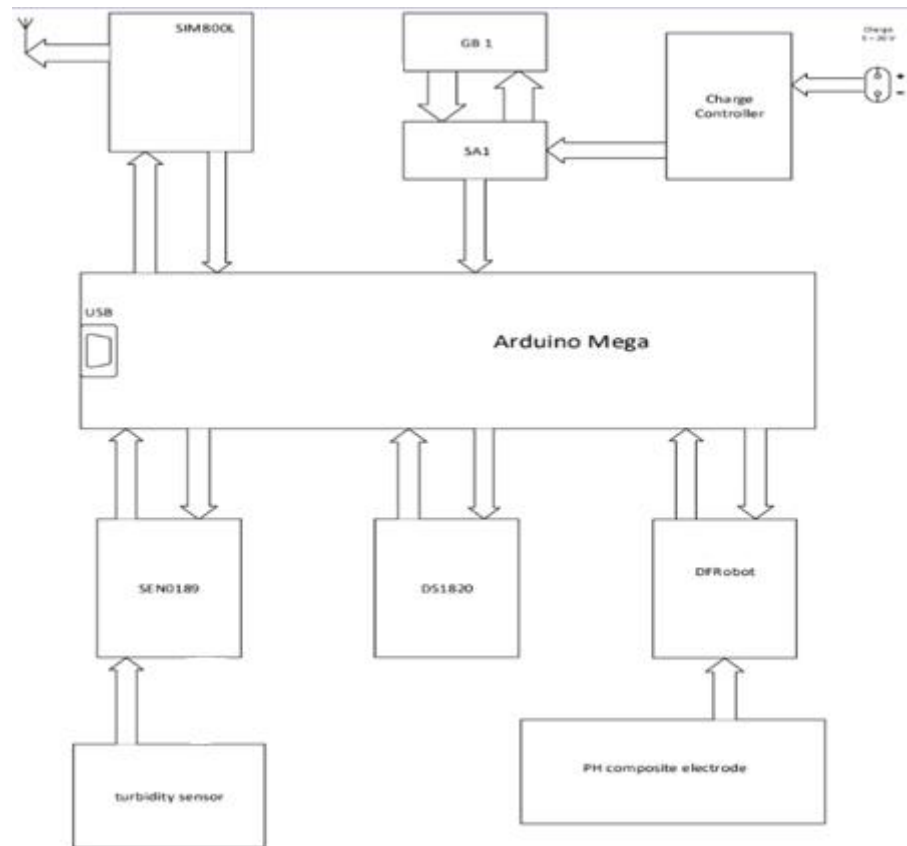


Рисунок 3.19 – Структурна схема пристрою

На цій схемі показано, що струм для заряджання надходить не безпосередньо до акумулятора, а через контролер заряду. Він обмежує і захищає від високих значень напруги батареї. Від батареї струм надходить безпосередньо до Arduino. Перетворювач датчиків може як приймати, так і передавати інформацію.

Пристрій використовує зарядний пристрій з можливістю живлення батареї 5-20 В. Пристрій підключається до роз'єму і струм з роз'єму надходить безпосередньо до контролера заряду. Контролер заряду являє собою DC-DC перетворювач і має тумблер і потенціометр, який обмежує напругу, що подається на літієву батарею. Тумблер має три режими роботи: центральний - вимкнений, для зарядки акумулятора і для роботи пристрою від акумулятора. Під час заряджання акумулятора пристрій не працюватиме. До перемикача також підключений двоколірний світлодіод. Він показує, в

якому режимі працює пристрій.

Живлення від батареї (7-8,4 В) подається безпосередньо на вхід Vin Arduino. Цей вихід підключений до стабілізатора напруги контролера, який забезпечує необхідні 5 В. Стабілізатор напруги контролера живить датчик, його перетворювач і GSM-модуль. Слід зазначити, що заземлення для всього пристрою має бути однаковим.

Одна з них використовується для світлодіодів з номіналом 1 кОм, а інша - для підключення датчика температури до цифрового входу Arduino з номіналом 4,7 кОм, тобто підтягуючий резистор між лінією даних і лінією живлення.

Виходячи з цих особливостей, можна побудувати принципову схему пристрою. На цій схемі показано підключення до виводів Arduino та номінали радіоелементів.

Пристрій також можна живити від комп'ютера через USB Type B. Це дуже корисно, коли ви змінюєте щось у прошивці і хочете негайно це перевірити. Дрiт також можна використовувати для роботи в режимі монітора порту. Дані не надсилаються на телефон, а відображаються на дисплеї.

Після цього пристрій можна зібрати в герметичний корпус (рис. 3.20) і розпаяти за такою схемою. До корпусу кріпиться макетна плата, на яку монтуються контролер, модулі та батареї. Розташували їх максимально компактно, розмітьте отвори для батарей і датчиків. Отвори для датчиків слід закрити заглушками. Після розміщення елементів у корпусі приступаємо до пайки елементів (рис. 3.21).





а)



б)



в)

Рисунок 3.20 – Пристрій в корпусі: а) вид знизу; б) вид зверху; в) збоку

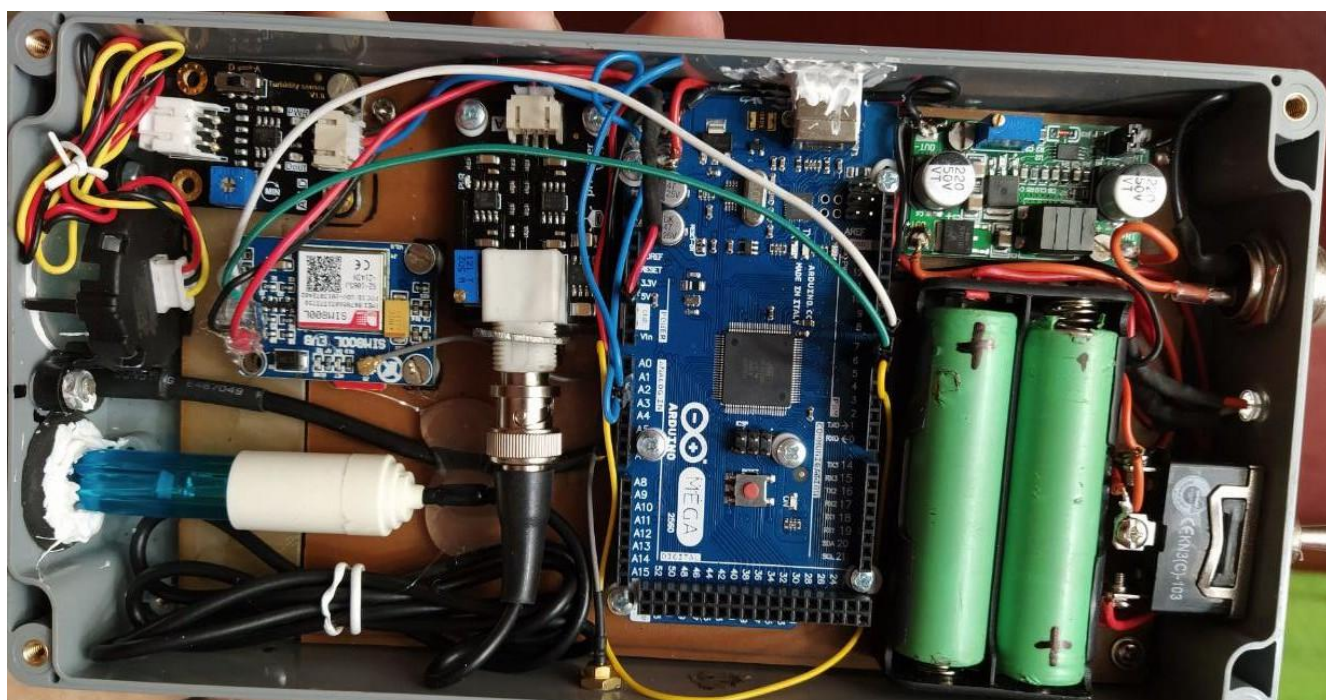


Рисунок 3.21 – Розпайка пристрою всередині

### 3.5 Інструкція по застосуванню

Спочатку зарядіть акумулятор за допомогою зарядного пристрою. Вставте вилку в розетку, посуньте тумблер вправо, і загориться червоний світлодіод. Зарядка акумулятора займає до трьох годин.

Після зарядки підключіть до GSM-модуля SIM-карту, здатну відправляти SMS, - на ній має бути достатньо грошей. Також слід прошити свій номер у прошивку і відкалібрувати пристрій дистильованою водою. Також потрібно вказати оптимальну затримку між циклами.

Для вимірювання відкрутіть захисний чохол датчика рН і помістіть пристрій з приєднаним датчиком в рідину. Потім посуньте тумблер вліво, поки не засвітиться зелений світлодіод.

Прилад проводить вимірювання в рідинах з температурою до 60°C. Це пов'язано з умовами, в яких використовується датчик рН. Після увімкнення пристрій деякий час збирає інформацію, встановлює зв'язок і надсилає SMS-повідомлення. Поки пристрій не отримує і не надсилає інформацію, він не споживає багато енергії.

Після завершення вимірювання вимкніть прилад, промийте електрод рН-сенсора водою і покладіть його в захисний чохол.

Не торкайтеся скляних кульок рН-сенсора руками і не занурюйте пристрій повністю у воду.

#### 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РІДИН

Після розробки обладнання необхідно проаналізувати залежності між рідинами. Прилад необхідно відкалібрувати за допомогою дистильованої води і промити водою після вимірювання.

До таких рідин належать лимонний сік, апельсиновий сік, кока-кола, дистильована вода та водопровідна вода.

Дослідження.

- Індикатори для рідин
- Температурна залежність каламутності
- Температурна залежність зміни рН
- Залежність каламутності від часу при постійній температурі.

Налийте кожен рідину в склянку однакового об'єму і виміряйте показники за допомогою приладу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вимір показників

|              | Апельсиновий<br>сік | Лимонний<br>сік | <u>Соса-</u><br><u>Cola</u> | Дистильована<br>вода | <u>Водопровідна</u><br>вода |
|--------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| <u>рН</u>    | 4.1                 | 2.30            | 3.13                        | 6.98                 | 7.17                        |
| t, °C        | 22.3                | 22.6            | 22.1                        | 21.2                 | 16.3                        |
| <u>turb.</u> | 4                   | 4               | 3                           | 8                    | 8                           |

Під час вимірювання температура водопровідної води дещо підвищується, оскільки температура, що подається на датчик, дорівнює кімнатній температурі. Температура водопровідної води відповідає кімнатній температурі на момент придбання продукту.

З таблиці видно, що каламутність дистильованої та водопровідної води є нормальною, причому найвищу каламутність має Кока-Кола. Це означає, що коли промені світла проходять крізь напій, він найбільше руйнується. Каламутність соку трохи краща, але не на рівні води.

Значення рН водопровідної води трохи вище, ніж у дистильованої. Це пов'язано з наявністю мінералів, карбонатів і солей, наприклад, в межах 6,5-8,5. Лимонний сік має найнижчу кислотність, тому для нього найбільш характерний вміст лимонної кислоти 5-6%. Лимонний сік підходить для нормалізації кислотно-лужного балансу в організмі при зниженій кислотності. Напої та апельсиновий сік мають трохи вищий рівень кислотності.

Нагріємо воду і проаналізуємо температурну залежність показників (табл. 4.2). Побудуємо графік (рис. 4.1).

Таблиця 4.2 – Залежність мутності та кислотності води від температури

| t, °C | <u>Turbidity</u> | <u>pH</u> |
|-------|------------------|-----------|
| 16.3  | 8                | 7.17      |
| 49.13 | 7                | 6.78      |
| 32.25 | 8                | 7.03      |
| 35.12 | 7                | 6.94      |

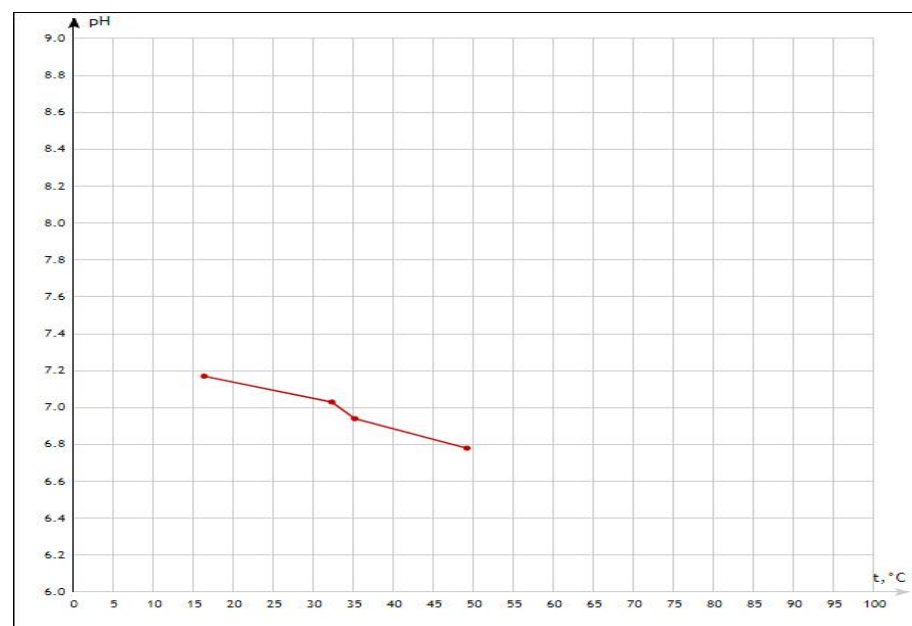


Рисунок 4.1 – Графік залежності рН води від температури

Згідно з таблицею, існує температурна залежність каламутності, але вона не є суттєвою. Вода залишається прозорою. З підвищенням температури води її каламутність зростає через броунівський рух. З підвищенням температури частинки рухаються швидше, і тому промені світла стають більш заломленими.

На рисунку 4.1 показано, що водневий показник зменшується з підвищенням температури води. Вплив температури на значення рН пояснюється різницею в дисоціації іонів водню (H<sup>+</sup>).

Цікаво дослідити часову залежність каламутності при заданій температурі для рідин. У цьому дослідженні використовували водопровідну воду та "Кока-Кола". і вимірювалися при постійній кімнатній температурі протягом п'яти днів, а також бралось середнє значення з трьох експериментів. Результати вимірювань наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Залежність показників мутності води та напою від часу

| <u>Turbidity</u> | <u>Водопровідна вода</u> |   |   | <u>avg</u> | <u>avg</u> | <u>Coca-cola</u> |   |   |
|------------------|--------------------------|---|---|------------|------------|------------------|---|---|
| 1 день           | 8                        | 8 | 8 | 8          | 3          | 3                | 3 | 3 |
| 2 день           | 8                        | 7 | 7 | 7          | 4          | 4                | 4 | 4 |
| 3 день           | 7                        | 7 | 7 | 7          | 4          | 4                | 4 | 4 |
| 4 день           | 8                        | 8 | 8 | 8          | 4          | 4                | 4 | 4 |
| 5 день           | 8                        | 8 | 8 | 8          | 4          | 4                | 4 | 4 |

Цікаво, що на другий день каламутність води дещо збільшилася, але

через короткий час знову зменшилася до початкового рівня. У той же час, каламутність напоїв також зменшилася на другий день. Для того, щоб цей експеримент був коректним, його потрібно було б досліджувати протягом декількох днів.

## ВИСНОВКИ

В ході дослідницької роботи були розглянуті проблеми, види та характеристики забруднення води.

Досліджено параметри, що впливають на чистоту води та методи їх вимірювання. Проаналізовано готові системні рішення для тестування якості води та розроблено унікальну систему.

Система відповідає всім вимогам, необхідним для точного вимірювання та передачі інформації користувачеві. Водночас, вона має і економічну складову, що одразу помітно, оскільки є значно дешевшою за аналогічні продукти.

До переваг такої системи можна віднести:

- а) можливість віддаленого аналізу даних;
- б) зручний інтерфейс;
- в) точність вимірювань;
- г) можливість самостійно налаштовувати та калібрувати датчики;
- д) можливість додавання інших датчиків;
- е) ціна.

До недоліків можна віднести:

- а) батареї потрібно час від часу підзаряджати;
- б) необхідність платити за послуги передачі даних.

Система може бути використана для аналізу та контролю технічних процесів у водному, харчовому та виробничому секторах. Може використовуватися для лабораторних вимірювань в різних галузях промисловості. Систему можна використовувати в домашніх умовах для моніторингу басейнів, акваріумної води та зразків навколишнього середовища.

Для реалізації ми вирішили використати платформу Arduino, необхідний набір датчиків та GSM-модуль для передачі даних. Було проаналізовано її параметри та переваги над аналогами, розроблено

програмне забезпечення в Arduino.IDE для прошивки мікроконтролера цієї системи.

Розроблено програмне забезпечення в середовищі Arduino.IDE для прошивки мікроконтролера даної системи. Розроблено електричну схему для коректної роботи системи та відповідно до неї зібрано герметичний функціональний пристрій.

Пристрій був використаний для дослідження характеристик різних рідин та аналізу зміни температури, каламутності та кислотності води.

Було досліджено наступне:

- Температурна залежність каламутності
- Температурна залежність зміни рН;
- Залежність каламутності від часу при постійній температурі та зміні рН.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. Загальна гідрологія: Підручник // К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 399 с.
2. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти: Підручник // К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. – 319 с.
3. Мягченко О.П. Основи екології. Підручник. // К.: Центр учбової літератури, 2010. – 312 с.
4. The World Environment, 1972–1992 // London: Chapman and Hall, 1992. 884 p.
5. Liebscher H.-L. Conflict over water – can hydrology contribute anything toward their solution? // IASH Publ. № 286. 2004. P. 238–245.
6. ДСТУ ISO 7027:2003. Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT).
7. Бітченко О.М. Електроніка і мікросхемотехніка. Проектування і програмування мікропроцесорних пристроїв: підручник / О.М. Бітченко, О.І. Цопа, Д.Г. Ганшин. – Х.: Фінарт, 2016. – 354 с.
8. Blum J. Exploring Arduino / J. Blum. – Wiley, 2013. – 384 с.
9. Arduino Education [Электронный ресурс] / arduino.cc. – Режим доступа: www / URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Education/> – 13.05.2018г.  
– Загл. с экрана.
10. XyXEL U-336E User's Manual. Version 1.0 –1997. – 13 с.
11. Arduino Mega 2560 [Електронний ресурс] / Arduino – Режим доступа: www / URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560> – 10.12.2019г. – Загол. з екрану.

12. SIM800L V2.0 5V Wireless GSM GPRS MODULE Quad-Band MOD31 [Электронный ресурс] / faranux.com/product – Режим доступа: [www / URL: https://www.faranux.com/product/sim800l-v2-0-5v-wirelessgsm-gprs-module-quad-band/](http://www.faranux.com/product/sim800l-v2-0-5v-wirelessgsm-gprs-module-quad-band/) – 19.12.2019 г. – Загол. з екрану.

13. Arduino Mega 2560 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / alldatasheet – Режим доступа: [www / URL: https://www.alldatasheet.com/datasheet/ATMEL/MEGA2560.html](https://www.alldatasheet.com/datasheet/ATMEL/MEGA2560.html) – 19.12.2019г.

– Загол. з екрану.

14. SEN0161 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / DFRobot – Режим доступа: [www/ URL: https://www.arrow.com/en/products/sen0161/dfrobot](https://www.arrow.com/en/products/sen0161/dfrobot) – 19.12.2019г. – Загол. з екрану.

15. SEN0189 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / DFRobot – Режим доступа: [www/ URL: https://www.arrow.com/en/products/sen0189/dfrobot](https://www.arrow.com/en/products/sen0189/dfrobot) – 19.12.2019г. – Загол. з екрану.

16. DS18B20 Datasheet – production data [Электронный ресурс] / DALLAS – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/227472/DALLAS/DS18B20.html> – 19.12.2019г. – Загол. з екрану.